



Metodología para evaluar la calidad del aire interior en diseño de VIS de clima frío.

Arq. Mauricio Tovar Neira

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes

Maestría en Construcción

Bogotá D.C. Colombia

2018

Metodología para evaluar la calidad del aire interior en diseño de VIS de clima frío.

Arq. Mauricio Tovar Neira

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Construcción

Director:

Arq. Msc. Miguel Arturo Gamba Fuentes

Línea de Investigación:

Sostenibilidad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Artes

Maestría en Construcción

Bogotá D.C. Colombia

2018

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía, a mi madre por su amor y consejos, a mis hermanos Leonardo y Patricia por su apoyo incondicional, también a mi novia Andrea Bayona y la profesora Mariela Camargo que cada día me dieron ánimo para culminar este trabajo.

Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial a mi director Arq. Miguel Arturo Gamba, por sus observaciones, críticas y consejos para culminar con este proceso.

A mis compañeros docentes y estudiantes del área de tecnología de la Universidad de Boyacá de los cuales de alguna u otra manera aportaron para construir esta investigación.

A todos muchas gracias

Resumen

En Colombia, la construcción de Vivienda de Interés Social ha tenido un crecimiento y auge en los últimos años, pero en su afán de tener un margen de ganancia más alto y rápido, no tienen en cuenta, a nivel arquitectónico, un diseño que entregue las condiciones óptimas de habitabilidad a los usuarios, esto basado en los estudios de Tarchópulos y Ceballos (2003).

Una de las condiciones de habitabilidad es la calidad del aire interior, siendo óptima para que exista confort. La relación de la edificación con el clima determinará el confort de sus ocupantes. Para conseguir esto se analizó el contexto, la localización, orientación, vientos dominantes, temperatura, humedad relativa y velocidad del aire, estudiando la adaptación del proyecto a las condiciones ambientales y materiales de la región.

Esta investigación busca proponer una metodología para evaluar la calidad del aire interior de Vivienda de Interés Social de clima frío seco, aplicando una metodología que proporcione una calidad del aire interior para controlar las condiciones higrotérmicas de temperatura, humedad relativa y la ventilación, en este tipo de edificaciones.

Se propone el caso de estudio de viviendas de interés social en las urbanizaciones de Estancia del Roble y Ciudadela Sol de Oriente de la ciudad de Tunja, donde a partir de encuestas, mediciones y análisis de las condiciones del contexto arriba mencionadas, se obtuvieron resultados para determinar la calidad del aire en sus espacios y la óptima ventilación de este tipo de edificaciones. Finalmente, y en el mismo sentido alentar este tipo de estudios como referentes para investigaciones posteriores en el contexto de clima frío.

Palabras claves: Calidad del aire interior, ventilación, contaminantes y confort.

Abstract

In Colombia, the construction of Housing of Social Interest has had a growth and boom in recent years, but in its desire to have a higher and faster profit margin, do not take into account, at architectural level, a design that delivers the optimum habitability conditions for users, this based on the studies of Tarchópulos and Ceballos (2003).

One of the conditions of habitability is the quality of the indoor air, being optimal for comfort to exist. The relationship of the building with the climate will determine the comfort of its occupants. To achieve this, the context, location, orientation, prevailing winds, temperature, relative humidity and air speed were analyzed, studying the adaptation of the project to the environmental and material conditions of the region.

This research seeks to propose a methodology to evaluate the indoor air quality of Social Interest Housing of dry cold climate, applying a methodology that provides an indoor air quality to control the hygrothermal conditions of temperature, relative humidity and ventilation, in this type of buildings.

We propose the case study of social interest housing in the estates of Estancia del Roble and Ciudadela Sol de Oriente in the city of Tunja, where, based on surveys, measurements and analysis of the aforementioned conditions, results were obtained for determine the quality of the air in their spaces and the optimal ventilation of this type of buildings. Finally, and in the same sense encourage this type of studies as references for further research in the context of cold weather.

Keywords: Indoor air quality, ventilation, contaminants and comfort.

Key words: Air quality, ventilation, contaminants and comfort.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XV
Lista de cuadros.....	XVII
Introducción	1
Planteamiento del problema.....	2
Justificación	4
Objetivos.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos	6
1. Marco Teórico.....	7
1.1 Calidad de la vivienda	7
1.2 El confort higrotérmico	8
1.2.1 Localización y orientación de la vivienda	13
1.2.2 Humedad relativa.....	13
1.2.3 Temperatura del lugar.....	14
1.2.4 Vientos	14
1.2.5 Velocidad del viento.....	14
1.3 Intercambio térmico en una edificación	15
1.3.1 Radiación.....	15
1.3.2 Conducción.....	16
1.3.3 Convección	16
1.3.4 Conductividad térmica e Inercia Térmica	16
1.3.5 Puente térmico	17
1.4 Ganancia de calor en una edificación.....	18
1.4.1 Ganancia de calor en cubiertas	18
1.4.2 Efecto invernadero.....	18
1.5 Ventilación natural.....	19
1.5.1 Ventajas de la ventilación natural:	20
1.5.2 Desventajas de la ventilación natural:.....	20

1.5.3	Efecto Venturi.....	21
1.5.4	Efecto chimenea.....	21
1.6	Condensación o punto rocío	22
1.6.1	Factores que intervienen en la condensación.....	23
1.7	Humedades	24
1.8	Infiltración de aire.....	25
1.9	Normativa	25
1.9.1	Normativa internacional.....	25
1.9.2	Normativa nacional.....	27
1.10	Referentes	28
1.10.1	Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial	28
1.10.2	Influencia de la ubicación de las aberturas en la eficiencia de la ventilación en viviendas.....	29
1.10.3	Recuperación de calor de aire de ventilación en clima frío	31
2.	Calidad del aire interior y exterior	33
2.1	El aire exterior.....	33
2.1.1	Arborización para exteriores.....	35
2.2	Calidad del aire interior	35
2.2.1	El ser humano y el aire interior	37
2.2.2	Concentración de CO ₂ en un espacio.....	38
2.2.3	Plantas recomendadas para interiores	39
2.3	La vivienda y sus espacios interiores	43
2.3.1	Cocina.....	44
2.3.2	Baño.....	44
2.3.3	Patio de ropas	44
2.3.4	Alcobas y comedores	45
3.	Contaminantes.....	46
3.1	Contaminantes químicos.....	47
3.1.1	Compuestos orgánicos volátiles	47
3.1.2	Monóxido de Carbono CO ₂	47
3.1.3	Fibra de amianto o asbesto	48
3.1.4	Vapor de formaldehído	48
3.2	Contaminantes biológicos	48
3.3	Contaminantes del aire interior	49
3.4	Contaminantes del aire exterior	51
4.	Incidencia de los materiales y componentes en la calidad del aire.	52
4.1.1	Papel.....	53
4.1.2	Madera.....	53
4.1.3	Morteros y concretos.....	53
4.1.4	Pinturas.....	53
4.1.5	Tejidos	54
4.1.6	Características de los materiales.....	55
4.1.7	Materiales para purificar el aire	56
4.2	Elementos arquitectónicos	57
4.2.1	Muros	57
4.2.2	Pisos	57
4.2.3	Cubierta	57

4.2.4 Puertas	58
4.2.5 Ventanas	59
5. Metodología	61
5.1 Metodología de la investigación	61
5.2 Modelo metodológico	63
5.3 Análisis del lugar	64
5.3.1 Características climatológicas del lugar	64
5.3.2 Fuentes contaminantes del del aire exterior.....	65
5.3.3 Análisis del aire exterior comparado con la norma ASHRAE 62.1- 2007.	66
5.4 Análisis arquitectónico de la vivienda	67
5.4.1 Aplicación Normativa ASHRAE 62.1- 2007 en el componente arquitectónico	69
5.4.2 Cocina	69
5.4.3 Baño	71
5.4.4 Sala y comedor.....	72
5.4.5 Alcobas.....	73
5.4.6 Patio de ropas	75
5.5 Encuestas y entrevistas a los usuarios.....	76
5.6 Características climatológicas de Tunja	79
5.6.1 Fuentes contaminantes del del aire exterior de Tunja.....	82
5.6.2 Análisis del aire exterior de Tunja comparado con la norma ASHRAE 62.1- 2007	82
5.7 Caso de estudio: Vivienda Urbanización Estancia del Roble- Tunja.....	83
5.7.1 Características de la vivienda	85
5.7.2 Aplicación Normativa ASHRAE 62.1- 2007 al componente arquitectónico.....	90
5.7.3 Cocina	91
5.7.4 Baño principal.....	93
5.7.5 Sala y comedor.....	96
5.7.6 Alcoba principal	98
5.7.7 Alcoba 1	100
5.7.8 Alcoba 2	102
5.7.9 Patio de ropas	104
5.7.10 Grado de desempeño de la vivienda.....	105
5.7.11 Consolidados de las encuestas	106
5.7.12 Cuadro comparativo ventilación vivienda Estancia del Roble.....	110
5.8 Caso de estudio: Vivienda Urbanización Ciudadela Sol de Oriente- Tunja.....	112
5.8.1 Características de la vivienda	114
5.8.2 Aplicación Normativa ASHRAE 62.1- 2007 al componente arquitectónico...	118
5.8.3 Cocina	119
5.8.4 Baño auxiliar	121
5.8.5 Sala	123
5.8.6 Comedor.....	125
5.8.7 Estudio	127
5.8.8 Alcoba principal	129
5.8.9 Alcoba 1	131
5.8.10 Alcoba 2	133
5.8.11 Baño principal.....	135
5.8.12 Patio de ropas	138
5.8.13 Grado de desempeño de la vivienda.....	139
5.8.14 Consolidados de las encuestas	139
5.8.15 Cuadro comparativo de ventilación vivienda Ciudadela Sol de Oriente.....	144

6. Conclusiones y recomendaciones	148
6.1 Conclusiones	148
6.1.1 Calidad del aire exterior.....	148
6.1.2 El diseño arquitectónico y la calidad del aire interior	149
6.2 Recomendaciones	151
A. Anexo: Velocidad promedio anual del viento en Tunja y Boyacá	153
B. Anexo: Estaciones Meteorológicas de Boyacá velocidad del viento.....	154
C. Anexo: Humedad relativa media anual de Tunja y Boyacá.....	155
D. Anexo: Clasificación Climática de Lang.....	156
E. Anexo: Característica climatológicas de la ciudad de Tunja.....	157
F. Anexo: Subdivisión por comunas de la ciudad de Tunja.....	158
G. Anexo: Encuesta vivienda Estancia del Roble	159
H. Anexo: Encuesta vivienda Ciudadela Sol de Oriente	162
I. Anexo: Glosario	165
Bibliografía	168

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Confort higrotérmico	10
Figura 1-2: Carta psicrométrica.	12
Figura 1-3: Perfiles de velocidad de viento	15
Figura 1-4: Efecto invernadero.	18
Figura 1-5: Efecto Venturi.....	21
Figura 1-6: Efecto chimenea.....	22
Figura 1-7: Condensación en ventanas, edificio apartamentos ciudad de Tunja, noviembre/ 2017, hora 7:10 a.m.	23
Figura 1-8: Diseño chimenea solar.	29
Figura 1-9: Problemática de ventilación en aberturas enfrentadas.	30
Figura 1-10: Ubicación de aberturas cruzadas.	30
Figura 1-11: Cubierta con aislamiento	31
Figura 2-1: Cortinas de árboles rompe vientos	35
Figura 2-2: Datos metabólicos.....	38
Figura 2-3: Potus	40
Figura 2-4: Lirio de paz.....	41
Figura 2-5: Palmera de bambú	41
Figura 2-6: Lengua de suegra	42
Figura 2-7: Árbol de caucho.....	42
Figura 2-8: Ventilación interior en las viviendas	43
Figura 4-1: Tela de cáñamo o yute.	55
Figura 4-2: Lamina de yeso perforada con tecnología Cleaneo®	56
Figura 4-3: Puerta con rejilla de ventilación.	58
Figura 5-1: Modelo metodológico.	64
Figura 5-2: Simbología de aberturas en viviendas.....	68
Figura 5-3: Localización de Tunja.	79
Figura 5-4: Ciudad de Tunja y localización proyecto Estancia del Roble.	84
Figura 5-5: Proyecto Estancia del Roble.....	85
Figura 5-6: Vista exterior tipología vivienda Estancia del Roble.....	86
Figura 5-7: Render Vivienda Estancia del Roble.	87
Figura 5-8: Cocina VIS Estancia del Roble.....	93
Figura 5-9: Puerta baño principal VIS Estancia del Roble	96
Figura 5-10: Patio de ropas casa Estancia del Roble	105

Figura 5-11: Temperatura de la vivienda.....	106
Figura 5-12: Condensación de vapor de agua.....	107
Figura 5-13: Humedad en la vivienda.....	107
Figura 5-14: Infiltración de aire.....	108
Figura 5-15: Acumulación de olores y gases.....	108
Figura 5-16: Ventilación general de la vivienda	108
Figura 5-17: Enfermedades respiratorias	109
Figura 5-18: Cambio de aspecto constructivo	109
Figura 5-19: Localización Ciudadela Sol de Oriente.....	113
Figura 5-20: Proyecto Ciudadela Sol de Oriente	113
Figura 5-21: Obstrucción de ventilación directa en cocina.....	121
Figura 5-22: Puerta baño auxiliar VIS Ciudadela Sol de Oriente	123
Figura 5-23: Puerta baño principal VIS Ciudadela Sol de Oriente	137
Figura 5-24: Cubierto totalmente el por patio de ropas.....	138
Figura 5-25: Temperatura de la vivienda.....	140
Figura 5-26: Condensación de vapor de agua.....	140
Figura 5-27: Humedad en la vivienda.....	141
Figura 5-28: Infiltración de aire.....	141
Figura 5-29: Acumulación de olores y gases.....	142
Figura 5-30: Ventilación general de la vivienda	142
Figura 5-31: Enfermedades respiratorias	143
Figura 5-32: Cambio de aspecto constructivo	143

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Tabla óptima de confort.....	10
Tabla 1-2: Humedad relativa recomendada según la temperatura ambiente.....	13
Tabla 1-3: Pisos térmicos	14
Tabla 1-4: Conductividad e inercia térmica de algunos materiales.	17
Tabla 2-1: Requisitos de aire exterior para ventilación, instalaciones residenciales (Viviendas privadas, sencillas y dobles).	34
Tabla 2-2: Caudales mínimos para ventilación constante en locales habitables	43
Tabla 3-1: Contaminantes de interiores y sus fuentes.....	49
Tabla 4-1: Ventilación de los espacios.	59
Tabla 4-2: Atributo higiene.	60
Tabla 5-1: Características climatológicas del lugar	65
Tabla 5-2: Fuentes de contaminación del aire exterior	66
Tabla 5-3 : Tabla comparativa de concentración de contaminantes en el aire exterior...	66
Tabla 5-4: Análisis arquitectónico de la vivienda.....	67
Tabla 5-5: Valoración grado de cumplimiento en ventilación.....	68
Tabla 5-6: Distancia y tamaño de aberturas.....	69
Tabla 5-7: Evaluación ventilación cocina.....	69
Tabla 5-8: Evaluación ventilación baño principal.....	71
Tabla 5-9: Evaluación Ventilación Sala y Comedor.....	72
Tabla 5-10: Evaluación Ventilación Alcoba Principal	74
Tabla 5-11: Evaluación ventilación patio de ropas	75
Tabla 5-12: Identificación de la muestra de estudio	76
Tabla 5-13: Encuesta de ventilación interior de la vivienda.	77
Tabla 5-14: Carta climatológica - Tunja.....	80
Tabla 5-15: Características climatológicas de Tunja.	81
Tabla 5-16: Fuentes de contaminación del aire exterior	82
Tabla 5-17: Concentración de contaminantes en el aire de la ciudad de Tunja.....	83
Tabla 5-18: Análisis arquitectónico de la vivienda.....	87
Tabla 5-19: Cumplimiento de distancia y tamaño de aberturas en vivienda de Estancia del Roble	90
Tabla 5-20: Evaluación ventilación cocina	91
Tabla 5-21: Evaluación ventilación baño principal.....	94
Tabla 5-22: Evaluación Ventilación Sala y Comedor	96
Tabla 5-23: Evaluación Ventilación Alcoba Principal	98
Tabla 5-24: Evaluación Ventilación Alcoba 1	100
Tabla 5-25: Evaluación Ventilación Alcoba 2	102
Tabla 5-26: Evaluación ventilación patio de ropas Estancia del Roble.....	104
Tabla 5-27: Grado desempeño de la vivienda.....	105

Tabla 5-28: Análisis arquitectónico de la vivienda	114
Tabla 5-29: Cumplimiento de distancia y tamaño de aberturas en la vivienda de Ciudadela Sol de Oriente	118
Tabla 5-30: Evaluación ventilación cocina	119
Tabla 5-31: Evaluación ventilación baño auxiliar	121
Tabla 5-32: Evaluación ventilación de la sala	124
Tabla 5-33: Evaluación Ventilación Comedor	126
Tabla 5-34: Evaluación ventilación del estudio	128
Tabla 5-35: Evaluación Ventilación Alcoba Principal.....	130
Tabla 5-36: Evaluación ventilación alcoba 1	132
Tabla 5-37: Evaluación ventilación alcoba 2.....	134
Tabla 5-38: Evaluación ventilación baño principal	136
Tabla 5-39: Evaluación ventilación patio de ropas Ciudadela Sol de Oriente	138
Tabla 5-40: Grado desempeño de la vivienda	139

Lista de cuadros

	Pág.
Cuadro 1-1: Tabla de concentración de contaminantes en el aire exterior (EPA)	26
Cuadro 3-1: Contaminantes de los recintos interiores.....	46
Cuadro 5-1: Cuadro comparativo ventilación vivienda Estancia del Roble.....	110
Cuadro 5-2: Cuadro comparativo de ventilación de la VIS Ciudadela Sol de Oriente ...	144

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura Término

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
Cfm	Pies Cúbicos por Minuto
CO ₂	Bióxido de Carbono
COV	Compuesto Orgánico Volátil
EPA	Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos
IAQ	Indoor Air Quality
IC	Índice de Construcción
ICT	Instituto de Crédito Territorial
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IO	Índice de Ocupación
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
NSR-10	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
NTC	Norma Técnica Colombiana
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
RETILAP	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público
SEE	Síndrome de Edificio Enfermo
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPTC	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
VIS	Vivienda de Interés Social

Introducción

En la actualidad el ser humano y de acuerdo con Hernández (2007), “Las personas que viven en áreas urbanas pasan entre el 80 y el 90% de su tiempo realizando actividades sedentarias en espacios interiores, tanto durante el trabajo como durante el tiempo de ocio”. (p. 48), como consecuencia dio lugar a una categoría de edificios que presentaron el problema de SEE (Síndrome de Edificio Enfermo), el cual lo describe Yarke (2011), “denominación con la que se conoció a aquellos edificios que, por sus bajos niveles de ventilación interior, contenían aire enrarecido con altos niveles de dióxido de carbono, contaminantes, virus y bacterias, etc.” (p.8). Esta problemática se refleja en enfermedades respiratorias por desprendimiento de químicos de los acabados, tasas de renovación de aire bajas, ventilación natural escasa y un ambiente interior contaminado e incomodidad.

El objetivo de esta investigación es evaluar el diseño arquitectónico para mejorar la calidad del aire interior en la vivienda de interés social de la ciudad de Tunja, esto se logrará a través de una metodología, que evalué los diferentes aspectos de la vivienda para dar respuesta a la problemática y objetivos planteados.

Se inicia con el planteamiento de un problema, luego, antecedentes, normativas, conceptos y referentes, que analizan la calidad ambiental de la vivienda, origen de nuestro estudio; con esta compilación se concluye que no hay una investigación que aborde la calidad del aire en vivienda social.

Para finalizar, se propone un diseño metodológico que estudie las condiciones de las VIS en Tunja, desde lo cualitativo para analizar los diferentes aspectos y de allí dar unas conclusiones y recomendaciones para evaluar la calidad del aire y confort higrotérmico de la VIS de clima frío.

Planteamiento del problema

Una de las problemáticas que encontramos referidas a la calidad y condiciones higrotérmicas de la vivienda de interés social, son la mala calidad del aire interior y deficiente ventilación, esto afectara con sustancias tóxicas, estrés y transmisión de enfermedades, para esto se requiere identificar las fuentes y tipos de contaminantes químicos y biológicos.

En el aspecto constructivo se detecta baja calidad de materiales, con desprendimiento de contaminantes, esto sobre todo en edificaciones informales y vivienda de interés social, que afectan la calidad de vida de los usuarios. Además, se observa la ausencia de acabados o deficiencia de los mismos, que afectan la limpieza e higiene de los espacios, esto sumado a un diseño arquitectónico que no tiene en cuenta las condiciones ambientales, para una óptima ventilación, presentando aire viciado al interior en la vivienda, dando como resultado unas condiciones de habitabilidad y enfermedades respiratorias agudas.

En Colombia el tema de calidad del aire interior y optima ventilación en VIS, ha sido poco investigado y no existe una normativa específica que la reglamente, siendo así, continuará la problemática del Síndrome de Edificio Enfermo (SEE), problemas respiratorios en los ocupantes de estas edificaciones y un bajo confort higrotérmico que afectará la calidad de vida de quien ocupa estos espacios.

De frente a esta situación se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Cómo influye las condiciones higrotérmicas y la ventilación en la calidad del aire interior o sensación térmica?
- ¿La vivienda de interés social de clima frío seco, está cumpliendo con las condiciones de habitabilidad y confort desde el tema de ventilación y tasas de cambio del aire interior, como condición de confort?
- La norma internacional ASHRAE 62- 2007 y HS3 (España) y por otro lado la norma nacional NTC 5183 y 3631, son normas que reglamentan la calidad del aire interior, con base en lo anterior la pregunta es: ¿La normativa de calidad del aire interior se está aplicando en Colombia, como componente de diseño en el tema de vivienda social?

Con esta propuesta de investigación lo que se quiere lograr es desarrollar una metodología cualitativa que determine la calidad del aire interior y ventilación en la vivienda de interés social de la ciudad de Tunja, esto enfocado al clima frío estableciendo las causas y consecuencias para generar unas recomendaciones que mejoren este componente.

Justificación

El propósito de toda edificación es dar protección y un entorno confortable que se adapte a las necesidades socioculturales de los usuarios; en que a partir de la organización del espacio se dé un ambiente interior ideal y saludable teniendo en cuenta aspectos como el aislamiento, la ventilación, la temperatura, la humedad relativa y control de las fuentes contaminantes.

Uno de los aspectos que más influyen en la salud de los usuarios de las actuales edificaciones, son la calidad del aire interior y esto se ha convertido en un problema de salud pública a lo que refiere Acaire (2017), “De acuerdo con el Departamento de Planeación Nacional, en 2015 se presentaron 10.527 fallecimientos relacionados con la polución del aire urbano y 2.286 debido a la contaminación del espacio interior en casas y establecimientos” (p.42), lo anterior permite deducir que esto afecta el desempeño de los usuarios en su bienestar y habitabilidad.

Una de las edificaciones donde no se ha abordado el tema de calidad del aire interior son las VIS de clima frío, por ejemplo, en la ciudad de Tunja en la Urbanización Estancia del Roble las viviendas presentan problemas en las condiciones de confort higrotérmico y sobre todo en el tema de ventilación, mostrando una baja calidad del aire interior por la distribución de los espacios, a esto sumado problemáticas de condensación, humedades e infiltraciones no deseadas.

Por esta razón se debe seguir generando conciencia entre los diseñadores respecto a la calidad del ambiente construido y cómo influye en la salud de las personas, esto nos lleva a retomar los conceptos de arquitectura bioclimática y los sistemas pasivos de ventilación que han estado como referentes desde tiempos antiguos.

Implementando la evaluación del diseño arquitectónico y retomando las diferentes experiencias a nivel constructivo y vernáculo, se obtendrá un mejor confort térmico, mejorando la calidad del ambiente interior de un espacio, así como la utilización de materiales con baja emisión de COV en los procesos constructivos.

La calidad del aire interior es básica para obtención de un ambiente agradable y confortable, teniendo en cuenta los factores ambientales del lugar, como el clima, localización de la edificación, orientación de la misma, adaptando el proyecto al sitio y los materiales de la región.

Uno de los objetivos es evaluar la relación del clima de Tunja con la VIS, lo cual determinará el confort de los usuarios, obteniendo la eliminación de CO₂ de estos espacios, oxigenándolos para que sean más agradables, productivos y saludables. Si existe mala calidad del aire interior afectará con sustancias tóxicas, estrés, inseguridad y transmisión de enfermedades.

Objetivos

Objetivo general

Formular una metodología para evaluar la calidad del aire interior de VIS de clima frío seco, contribuyendo al confort mediante la generación de recomendaciones de diseño que tengan en cuenta factores como: la temperatura, la velocidad del aire, dirección del viento, la orientación y los materiales constructivos.

Objetivos específicos

Analizar los conceptos, referentes, estrategias bioclimáticas, normativa internacional y nacional, que permitan mejorar la calidad del aire interior en la vivienda de interés social de clima frío seco.

Especificar las fuentes de los contaminantes químicos, físicos y biológicos que contaminan el aire interior, permitiendo evaluar cómo afectan la calidad del aire de los espacios interiores de una vivienda de interés social.

Establecer una metodología que permita evaluar la calidad del aire interior, a partir de las condiciones higrotérmicas, de ventilación y el aprovechamiento de las características ambientales de la ciudad de clima frío.

Proponer recomendaciones y conclusiones que sirvan de guía para mejorar la ventilación y el proceso diseño en proyectos de vivienda de interés social de clima frío seco.

1. Marco Teórico

1.1 Calidad de la vivienda

La preocupación por la calidad de la vivienda surge en Europa en la época de la revolución industrial por los asentamientos de los obreros en las factorías o zonas fabriles, estos presentaban problemas de diseño, construcción, iluminación y ventilación. Según Chueca Goitia (1977), “en sus principios, estos barrios obreros, que los anglosajones llaman *slums*, se desarrollaron en condiciones verdaderamente ínfimas para la vida humana”.

Debido al hacinamiento en este tipo de unidades de habitacionales surgieron inconvenientes en la iluminación y la ventilación, que condujeron a problemas de salud y habitabilidad; ya para el año 1929 se celebró en Frankfurt el II Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM), allí se expuso el tema de vivienda mínima como tema central, en el que se definió la densidad, organización, confort y distribución del espacio doméstico y la construcción en serie de vivienda social de esta época.

En el año de 1936 el arquitecto alemán Ernest Neufert aporta unas directrices que según Tarchópulos y Ceballos (2003), “por medio de los diagramas de organización funcional de los edificios, entre ellos la vivienda, aporta soluciones puntuales sobre su distribución espacial, iluminación, amoblamiento e instalaciones, en general, y de los elementos funcionales que los componen, en particular”.

Siguiendo cronológicamente, en la declaración sobre los asentamientos humanos celebrado en Vancouver de 1976, cabe resaltar que la calidad de vida se da en asentamientos que prioricen al ser humano, el patrimonio y la cultura, donde cada individuo

tiene derecho a una vivienda digna esto también apoyado por el movimiento moderno de arquitectura donde se resalta condiciones de habitabilidad desde lo arquitectónico.

Ya en nuestro país, el gobierno crea en el año 1939 Instituto de Crédito Territorial ICT y según el INURBE (1995), “La ley 46 de 1939 enfoco el problema de la vivienda rural mediante disposiciones referentes a la acción del recién creado Instituto de Crédito Territorial y otros bancos de crédito territorial” (p.11) y luego por el desplazamiento de campesinos a las ciudades el ICT retoma su labor en el tema de vivienda social urbana, después de la desaparición del ICT en 1990, se creó el INSCREDIAL y del cual INURBE (1995) afirma:

Uno de los aspectos menos valorados del INSCREDIAL fue el desarrollo de ideas modernas del urbanismo y de la arquitectura, temas en los que apporto y logro descollar en el panorama nacional. Muchos de sus proyectos, se constituyeron en pruebas piloto de propuestas urbanísticas en vivienda económica (p.6).

La calidad constructiva y las condiciones de confort deben ir ligadas al concepto de sostenibilidad en procura del mejoramiento del ciclo de vida de las edificaciones y un bajo impacto al medio ambiente, cumpliendo estos aspectos un individuo obtendrá salud física, mental, calidad de vida, mejores condiciones de habitabilidad y un entorno saludable.

Es muy importante que los arquitectos o proyectistas entiendan la relación del clima exterior con el edificio, manteniendo un equilibrio de la temperatura del cuerpo humano con parámetros como: la actividad desarrollada, la temperatura de las paredes, la humedad relativa, temperatura del aire, la velocidad del aire, la iluminación, los olores y la ropa.

1.2 El confort higrotérmico

Existen dos variables que utilizaba el hombre antiguo para localizar y elegir el sitio de edificación, la primera se basa en su entorno, el tipo de suelo, la vegetación, el microclima y la otra variable su simbolismo, su religión y su cultura, pero también hay otros factores que afectan la elección del sitio y es la facilidad de conseguir alimentos, agua, los vientos, la protección contra el enemigo etc.

Como resultado se tiene que la localización de la vivienda depende en gran medida de los factores sociodemográficos y la relación con su entorno, respetando y encajando con el paisaje adaptándose al clima y materiales de la región para construir su arquitectura con calidad ambiental óptima.

Una determinante de diseño que modifica sustancialmente la forma de una edificación y sus elementos son el clima, este obliga al hombre a adaptarse; si volvemos la mirada a los antiguos constructores descubrimos como con la utilización de materiales de su entorno construían edificaciones con un confort ambiental excelente.

La primera aproximación se hace a partir del concepto de confort, visto desde el ser humano, abordando el tema de higrotermicidad, acústica e iluminación. Estos factores se pueden medir en grados centígrados, decibelios y luxes, pero también se debe tener en cuenta que el ser humano siente el confort desde condiciones biológico- psicológicas como el frío o el calor al cual está adaptado o las condiciones sociológicas como las actividades, la moda, la educación, cultura y las condiciones psicológicas que tiene cada individuo.

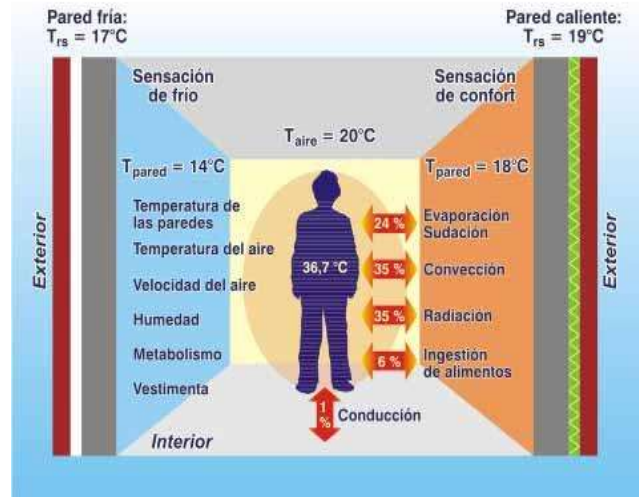
Con la densificación que se ha dado de la vivienda colombiana y un índice de ocupación más alto, las condiciones de confort son bajas, por esta razón toda vivienda debe contar con unas condiciones y espacios mínimos de habitabilidad para brindar confort a quien las habite.

El confort higrotérmico es la ausencia de malestar térmico y se da en el cuerpo humano cuando no hay intervención de los mecanismos termorreguladores como el metabolismo y la sudoración que se traduce en energía metabólica, para el ser humano, la óptima temperatura en un espacio está entre 21°C y 25 °C y una humedad relativa entre el 20% y 75%.

El confort higrotérmico se debe entender desde el envolvente del edificio y dependiendo de:

- La radiación de los materiales y los muros.
- La temperatura seca del aire.

- La velocidad del aire.
- La presión parcial de vapor de agua del medio ambiente

Figura 1-1: Confort higrotérmico

Fuente: Un Vitrubio Ecológico

Tabla 1-1: Tabla óptima de confort

Confort	
Factor	Medida Optima
Humedad relativa	Entre 20% y 75%
Velocidad del viento	0.25 m/s
Temperatura	21 a 25°C

Fuente: Elaboración propia basado en Un Vitruvio Ecológico.

De la relación entre la humedad relativa, velocidad del viento y temperatura, se obtendrá como resultado de un óptimo confort higrotérmico, si la velocidad del viento es baja, la humedad ambiente será alta, pero si aumenta el movimiento del aire se pueden mitigar las condiciones que afectan el confort de las personas, e confort higrotérmico se ve afectado por:

- Olores

- Gases
- Condensaciones de vapor de agua
- Velocidad del viento.

Obtener la temperatura ideal en un espacio y su humedad relativa óptima, no significa que exista confort higrotérmico ideal, también depende del índice metabólico y el índice indumento de las personas.

Varios investigadores han elaborado desde hace tiempo modelos de confort por medio de nomogramas (gráficos), para mejorar los sistemas pasivos de confort en edificios, los modelos más confiables son los de los hermanos Olgyay y Baruch Givoni con los climogramas para deducir pautas de diseño bioclimático como:

- Confort de Invierno
- Confort de Verano
- Ventilación Cruzada
- Inercia térmica y ventilación selectiva
- Enfriamiento evaporativo.
- Humidificación.
- Sistemas solares pasivos.

Una de las ciencias que ayudan a establecer el confort higrotérmico y las propiedades termodinámicas del aire; es la Psicrometría, analizando la humedad del aire, su efecto en un espacio y el cuerpo humano. Para medir estos aspectos se utiliza un ábaco psicrométrico, el cual va a depender de la altura sobre el nivel del mar y unas variables que explica Yarke (2011):

- *“Temperatura de bulbo seco:* Es la temperatura del aire húmedo en reposo.
- *Temperatura de bulbo húmedo:* Asociada al calor latente del aire
- *Humedad relativa:* Porcentaje de humedad que tiene el aire.
- *Humedad absoluta:* Peso de agua contenido en una mezcla de aire- vapor de agua, en gramos de agua por kg de aire seco

- *Temperatura de punto de rocío*: Temperatura a la cual la humedad contenida en el aire comienza a separarse en forma de gotas de agua (condensación)
- *Entalpía*: Contenido de calor total de la mezcla aire-vapor, y es la suma del calor sensible, más el calor sensible del agua, más el calor latente del agua evaporada.”
(p.33)

Figura 1-2: Carta psicrométrica.



Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Abaco_psicrometrico_conceptual.png

Entre los equipos que ayudan a medir el confort están:

- Termo higrómetro: equipo que mide la temperatura y humedad relativa.
- Anemómetro: equipo que mide la velocidad y dirección del viento

Otro modelo con el cual se obtiene el confort higrotérmico es el “Modelo Adaptativo” que es más exacto y realista dado que considera, la climatización, factores conductuales y psicológicos que no se consideran en el modelo de Fanger.

Actualmente en las edificaciones se hace énfasis en la construcción, los materiales y el diseño, pero dejan a un lado su objetivo que es lograr un ambiente interior confortable,

para lograr esto el diseñador debe tener en cuenta la parte psicológica, social, funcional, física y fisiológica.

1.2.1 Localización y orientación de la vivienda

Es una de las estrategias bioclimáticas más importantes para climatizar una construcción, debe tener una óptima localización y orientación con respecto al sol y la disposición con respecto a dirección y velocidad de los vientos, analizando estas condiciones se obtendrá un óptimo confort de la edificación.

En el caso de vivienda de interés social de clima frío, se debe tener la mínima exposición de las fachadas principales y aberturas (ventanas) a los vientos dominantes.

1.2.2 Humedad relativa

El aire siempre contiene una cantidad de agua que se manifiesta en forma de vapor, según Neufert & Kister, (2013) “La cantidad de agua del aire con relación a la temperatura se expresa mediante la humedad relativa del aire. En este caso hay que tener en cuenta que el aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío” (p. 481). La humedad relativa se expresa en porcentaje.

Tabla 1-2: Humedad relativa recomendada según la temperatura ambiente.

Temperatura ambiente (°C)	Humedad relativa (%)
20 °C	80 %
22 °C	70 %
24 °C	62 %
26 °C	55 %

Fuente: Wellpott (2009)

La norma colombiana NTC 5183, recomienda con respecto a la humedad relativa un porcentaje entre 30% a 60%, si supera este porcentaje favorece la aparición de hongos, así mismo la ASHRAE 62.1-2007, sugiere que la humedad relativa no supere el 65 % en un recinto.

1.2.3 Temperatura del lugar

La temperatura de un lugar es el resultado al que se encuentra el terreno con respecto al nivel del mar, en Colombia la clasificación sea hace por pisos térmicos, que suministra el IDEAM.

Tabla 1-3: Pisos térmicos

Piso Térmico	Metros sobre el nivel del mar	Temperatura promedio
Cálido	0 m.s.n.m a 1000 m.s.n.m	24°C
Templado o medio	1000 m.s.n.m a 2000 m.s.n.m	17°C a 24°C
Frio	2000 m.s.n.m a 3000 m.s.n.m	12°C a 17°C

Fuente: Elaboración propia basado en el IDEAM.

Con la altura sobre el nivel del mar se clasifica el piso térmico y la temperatura promedio del lugar, por ende, con estos factores ambientales que influyen, se toman decisiones en la orientación y localización de la vivienda.

1.2.4 Vientos

Es una determinante que regula el clima del lugar y controla la humedad, en el caso de climas cálidos ayuda a mejorar el confort de la vivienda, pero en clima frío la incidencia directa y sin control afecta la temperatura de la vivienda.

Ahora bien, si la ventilación es insuficiente, se presenta concentración de CO₂, crecimiento de hongos y una mala calidad del aire, que se va tornar viciado propiciando enfermedades respiratorias agudas como: asma, rinitis, laringitis, tos y gripas constantes.

1.2.5 Velocidad del viento

En Colombia el IDEAM es quien informa acerca de la velocidad del viento, esta se mide en km/h o también en m/s, estos datos se grafican en una rosa de los vientos que nos indicará en cada periodo del año la dirección y frecuencia dominante del viento, estos datos

son muy útiles para los arquitectos en el diseño de la forma del edificio y sus vanos o aberturas en clima cálido o para protegerlo del viento en clima frío, asimismo y de acuerdo con Escorcía (2016), “La velocidad del viento que debe ser tolerable, no mayor de 80 km/hora” (p.27).

Figura 1-3: Perfiles de velocidad de viento

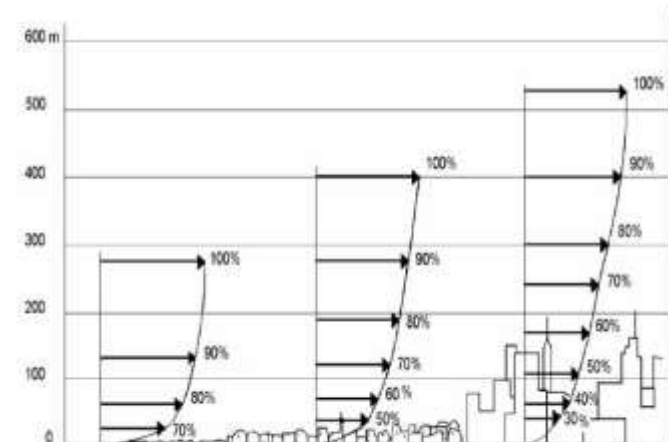


Figura 2.4 - Perfiles de velocidad de viento, en función de las características topográficas del terreno
Fuente: Atlas del país Vasco - 1993

Fuente:

http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/material_difusion/manualE%F3licaweb.pdf

Por lo tanto, en la metodología se implementará la información de la rosa de los vientos del lugar, que proporciona el IDEAM como referente en velocidad y dirección del viento, esto con el propósito de orientar pertinentemente la vivienda.

1.3 Intercambio térmico en una edificación

Existen mecanismos de transferencia de energía, los cuales son fenómenos físicos que se presentan en una edificación y cambian el micro clima de los recintos interiores, estos se originan a partir del sol, el clima y la incidencia del viento en la volumetría del edificio.

1.3.1 Radiación

Este fenómeno térmico, según Deffis (2014), “consiste en la incidencia directa de partículas luminosas. Se recibe por exposición directa o reflejada de la fuente de calor” (p.41), la

fuentes es el sol, que incide en la edificación directamente, mejorando el confort en climas fríos.

La radiación de los materiales es uno de los aspectos que ayudan a mejorar el confort térmico en una edificación, como señala Eternit (2012), “Algunos materiales tienen mayor capacidad que otros para emitir o absorber la radiación térmica, es decir: tienen mejor o peor comportamiento térmico” (p.2), siendo así, la radiación ayuda a mejorar la temperatura del aire, a lo cual se debe analizar la vivienda, teniendo en cuenta la materialidad y la orientación

1.3.2 Conducción

Es un fenómeno físico que consiste en el paso de calor a través de las moléculas de un material cualquiera. Todo material tiene una resistencia térmica, si el material es denso transmite más calor (ladrillo) y si es más poroso ofrece más resistencia al paso del calor (lana mineral).

Con la materialidad de muros y cubiertas podemos aprovechar la inercia térmica de estos para mejorar la sensación térmica de los ocupantes y calentar el aire en un espacio. Se puede aplicar la conductividad térmica de cada material para calificar el confort térmico de la vivienda.

1.3.3 Convección

De acuerdo a Deffis (1987), “es el transporte del calor mediante el movimiento de un fluido: aire, agua, etc.” (p. 41), también se puede dar por medio del cuerpo humano, al transmitir calor hacia el aire.

1.3.4 Conductividad térmica e Inercia Térmica

La conductividad térmica según señala Deffis (1987) “es la propiedad que tienen los materiales de transmitir el calor intermolecularmente por la diferencia de temperaturas en dos caras” (p.45) y se designa con la letra K.

Mientras que la inercia térmica la define Deffis (1987) como, “el tiempo en que tarda en fluir el calor almacenado en un muro o una techumbre (p.45). Además, es importante destacar la influencia del color en las superficies, ya que los claros absorben poco calor y los oscuros lo hacen en más medida.

De estas definiciones podemos concluir que en clima frío debemos utilizar colores oscuros en cubierta para ganancia térmica al interior de la vivienda y materiales que ayuden a mantener una temperatura confortable.

Tabla 1-4: Conductividad e inercia térmica de algunos materiales.

Material	Conductividad	Inercia Térmica
Aire	0.021	5.45
Agua	0.50	61.8
Ladrillo	0.63	31.5
Piedra	1.56	21.8
Concreto	1.3 – 1.5	30.1
Adobe	0.50 – 0.70	
Tierra seca	0.50	1.54
Madera seca	0.10 – 0.12	58
Vidrio	1.25	46

Fuente: Elaboración propia, compilado según Deffis (1987).

1.3.5 Puente térmico

El puente térmico lo define Neufert & Kister, (2013) como “Aquellos elementos de la construcción que, en comparación de los elementos contiguos, ofrecen un aislamiento térmico menor, por lo que el porcentaje de la cara adyacente de aire en la resistencia a la transmisión térmica es mayor” (p. 482). Esto hace que la temperatura en un espacio interior disminuya y favorece la aparición de condensación y en consecuencia moho.

Por ejemplo, un puente térmico se puede dar en los marcos de la ventanería por los diferentes materiales que se encuentran en este punto, los cuales se identificarán en la metodología.

1.4 Ganancia de calor en una edificación

1.4.1 Ganancia de calor en cubiertas

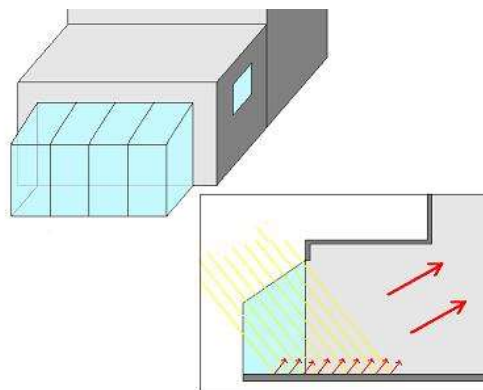
En las cubiertas y de acuerdo a lo que afirma Deffis (1987), “La absorción por radiación solar es mayor en las techumbres planas, cada 10° de inclinación del plano de la techumbre, representa 10 a 15% de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente” (p. 46).

En arquitectura los elementos arquitectónicos que más ganan calor y lo almacenan son las cubiertas y muros. Esta propiedad la podemos aprovechar para clima frío teniendo en cuenta como lo deduce Deffis (1987), acerca de la forma de las cubiertas e influye en la disminución de ganancia de calor.

1.4.2 Efecto invernadero

Esta propiedad consiste según lo afirma Deffis (1987) “Al pasar la radiación solar a través de una superficie transparente y almacenarse en los pisos, muros y objetos, estos dispararan en forma de radiación infrarroja” (p.47).

Figura 1-4: Efecto invernadero.



Fuente: <http://www.sitiosolar.com/wp-content/uploads/2014/01/invernadero-adosado-reducido.jpg>.

Este calor almacenado en muros, pisos y demás objetos se empieza a desprender poco a poco, esta estrategia se puede usar en patios de aislamiento, cubriéndolos por medio de marquesina diseñadas que permitan ventilar la vivienda sin pérdida de calor.

1.5 Ventilación natural

Después de la segunda guerra mundial comienza el auge de la climatización artificial de los espacios, el uso del vidrio y muchos otros aspectos constructivos que hicieron olvidar la interrelación del edificio con el clima, la orientación y la ventilación.

La climatización artificial trajo problemas como formación de hongos, humedad interior y presencia de bacterias en los conductos de aire, todos estos problemas se reflejaron en la salud, bienestar y productividad de trabajadores en oficinas e industrias.

Dada la baja renovación del aire y los problemas inherentes ya indicados, se clasificó un nuevo tipo de edificación que pasó a llamarse el *Síndrome de Edificio Enfermo (SEE)*, los cuales tienen altos índices de dióxido de carbono y otros contaminantes de los recintos interiores.

La ventilación natural surge como una estrategia bioclimática para mejorar la calidad del aire, dar un confort térmico a una edificación teniendo en cuenta la geometría de ventanas y cubiertas, de ahí que la presión del viento alrededor y dentro del edificio es lo que produce la ventilación natural, impactando la masa térmica del edificio para refrescarlo, generando tasas de renovación de aire, humedad relativa constante y una temperatura agradable; esto se logra mediante las siguientes determinantes físicas:

- Lugar de emplazamiento del edificio
- Velocidad del viento del lugar
- Diseño arquitectónico
- Vanos en la edificación
- Presión del viento dado por la ubicación y geometría del edificio
- Gradiente térmico interior y exterior
- Efecto Stack (diferencias en la densidad del aire)

En una vivienda la ventilación se da por demanda esto debido a las exhalaciones corporales, humo de cigarrillo, olores de cocina y baño y debido a esto se debe inducir tasas de renovación del aire, los factores de renovación del aire por razones de higiene deben ser:

- 0.5 – 1 veces por hora en salas de estar y dormitorios
- 4 – 5 veces por hora en aseos interiores
- 0.5 – 25 veces por hora en cocinas. Neufert y Kister (2013). (p. 538).

El tamaño de aperturas como puertas y ventanas de acuerdo a la NTC 5183 describe que cuando el espacio es directo las aperturas son el mínimo del 4% del área en piso y si es indirecta el área mínima de apertura es del 8% del área del piso y no menos de 2.3 m².

La ventilación natural controlada es la estrategia que se utiliza y aplica en la VIS, por su bajo costo y mantenimiento para suministrar aire fresco y diluir los contaminantes, para lograr esto se debe analizar cómo se ventila la vivienda desde el exterior al interior.

1.5.1 Ventajas de la ventilación natural:

Al implementar este tipo de ventilación pasiva como estrategia, se evitan gastos de mantenimiento, consumos energéticos y no es contaminante y como ventajas:

- Bajo costo de mantenimiento inicial de mantenimiento
- No ocupa espacio físico en planta de la edificación

1.5.2 Desventajas de la ventilación natural:

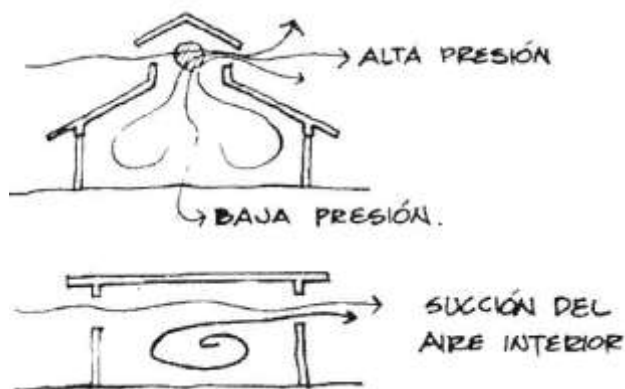
La ventilación natural tiene como desventajas:

- Ciertos periodos del año se da poco confort en los espacios.
- A nivel urbano existe contaminación exterior se deben diseñar elementos que eviten la entrada de este aire viciado a los espacios, pero debido al diseño de aberturas se pone en peligro la seguridad del edificio.

1.5.3 Efecto Venturi

Este tipo de ventilación consiste generar una ventilación cruzada a través de una abertura en la parte superior de la cubierta mediante la diferencia de presión del aire exterior y el interior.

Figura 1-5: Efecto Venturi



Fuente: Deffis (1987)

Además, la ventilación cruzada es el resultado de aprovechar las corrientes de aire y utilizarlas en mejorar la renovación del aire, la temperatura y diferencia de presión en un espacio hace que se genere una corriente de aire manteniendo un confort higrotérmico y diluyendo contaminantes.

1.5.4 Efecto chimenea

Este es el resultado de la diferencia de temperaturas, donde el aire frío por ser más denso se localiza en la parte inferior y el aire caliente por ser menos denso asciende y se aprovecha las aberturas superiores para evacuarlo.

Figura 1-6: Efecto chimenea

Fuente: Autor

1.6 Condensación o punto rocío

La condensación es uno de los fenómenos que se presentan al interior de las edificaciones, es una problemática de tipo físico que se presenta generalmente en los vidrios de las ventanas, baños y cocinas; se define según Ramos (2012), como “Fenómeno que se produce cuando el aire húmedo se enfría por debajo de su punto rocío, en presencia de núcleos de condensación (iones o polvo), en cuyo caso las moléculas de agua se agrupan formando gotas en estado líquido” (p.41).

El aire tiene un máximo de absorción de agua, al cual se le llama saturación y se manifiesta como condensación, el contenido de agua se mide por gr/m^3 y al respecto señala Colombit (2006), “A 0°C la cantidad de agua que puede absorber el aire es de 4.9 gr/m^3 y a 20°C llega a 17.3 gr/m^3 ” (p.1).

Este fenómeno obedece a tres factores según Ramos (2012). “La condensación depende directamente de la humedad relativa, la temperatura y la presión atmosférica” (p.41). Con respecto al segundo, la temperatura a la cual empieza la condensación se le llama punto de rocío.

Si la temperatura es alta en un lugar, habrá poca humedad relativa y por ende más difícil la condensación, por este aspecto ambiental, en clima frío seco el fenómeno de la condensación es una constante ya que la diferencia de temperatura de un espacio cerrado con ocupación humana y la temperatura exterior producirá este fenómeno.

Figura 1-7: Condensación en ventanas, edificio apartamentos ciudad de Tunja, noviembre/2017, hora 7:10 a.m.



Fuente: Autor

Para lograr disminuir la condensación Neufert & Kister, (2013) recomiendan “elevar la temperatura de la cara interior de los puentes térmicos” (p.482), esto quiere decir reducir la fuga de calor por medio de los puentes térmicos y de acuerdo a Ramos (2012). “Es aquí donde se hace relevante el balance térmico en las edificaciones y la capacidad e inercia térmica de los materiales (conductividad térmica K) sobre todo de las fachadas.” (p.42).

1.6.1 Factores que intervienen en la condensación

Hay otros factores que afectan la condensación, que pueden ser los no controlados y controlables por el hombre y que según Colombit (2006) señala:

- **No controlables:**

Estos factores no los controla el hombre, son inherentes a las condiciones climáticas del lugar:

- Temperatura exterior

- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Humedad relativa exterior
- Presión atmosférica

- **Controlables**

Son factores que los puede controlar el hombre desde el diseño de la edificación teniendo en cuenta:

- Geometría de la construcción
- Volumetría de la construcción
- Inclinação de la cubierta
- Temperatura interior
- Humedad relativa interior
- Materiales empleados en la construcción
- Ventilación
- Cielo raso

1.7 Humedades

El aire en cierto porcentaje tiene agua y como señala Ramos (2012), “La cantidad de agua en el aire se puede medir o determinar cómo *humedad absoluta*, y es la cantidad neta de agua que este contiene” (p. 41), si hay exceso de agua en forma de vapor se excede aparecerá el fenómeno de condensación, si existe exceso de humedad favorece el crecimiento de hongos, para este aspecto la NTC 5183 menciona, “Los ejemplos incluyen ciertas clases de hongos, micotoxinas asociadas a polillas de polvo. Este crecimiento aumenta con la presencia de materiales que contienen alta cantidad de celulosa, aun si el contenido de nitrógeno es bajo, por ejemplo, cartón fibra, polvo, lino, partículas de piel y plumas” (p. 13).

Las fuentes de humedad se pueden dar en la construcción, el suelo, la atmosfera, por condensación generando problemas de salud, patologías en las edificaciones como

eflorescencias, gérmenes, corrosión y pudrición en la madera y para esto se deben prevenir con las tasas de ventilación indicadas, sobre todo en baños.

1.8 Infiltración de aire

La infiltración de aire se detecta con frecuencia en cubiertas, marcos de puertas y ventanas, también en el espacio que se ubica en la parte inferior de la hoja de puertas, sobre todo en la principal, en clima frío puede resultar molesto para el confort y con más arraigo en las noches.

De acuerdo con Vakazova (2014), “Las infiltraciones por las puertas y ventanas durante el invierno son debidas a la presión dinámica del viento y al efecto chimenea”, las infiltraciones deben ser controladas de manera que no afecte el confort térmico de la vivienda, esto se logra sellando las uniones y logrando una estanqueidad aceptable de los puntos de infiltración.

1.9 Normativa

Acerca de la normativa la podemos abordar desde el contexto internacional y nacional para comparar y detectar las falencias a nivel de reglamentaciones que posee nuestro país, a lo cual según Tarchópulos y Ceballos (2003) refieren “En este marco legislativo, es el Gobierno Nacional el encargado de reglamentar las normas mínimas de calidad de la vivienda de interés social, especialmente en cuanto a espacio, servicios públicos y estabilidad de la vivienda. (p.19).

1.9.1 Normativa internacional

- **Norma ASHRAE 62.1 -2007. Versión en español**

A nivel internacional se encuentra la norma ASHRAE 62-2007 versión más reciente en español, tiene propósito de especificar las tasas mínimas de ventilación y proveer calidad del aire interior para mejorar la salud.

Se enfoca a edificaciones nuevas y existentes, mejorando la calidad del aire en recintos cerrados de ocupación humana, identificando fuentes como: aire exterior, procesos de construcción, humedad y crecimiento biológico.

Recomienda el análisis de la calidad del aire exterior a nivel regional, de la cual tomamos como referente la tabla de la Figura 1-8, la cual es el “Estándar de calidad de aire primario ambiental nacional definido por la agencia de protección ambiental (EPA) de los Estados Unidos” y se hará un cuadro comparativo para evaluar la concentración de contaminantes de la ciudad de Tunja.

Cuadro 1-1: Tabla de concentración de contaminantes en el aire exterior (EPA)

TABLA 4-1 Estándar de calidad de aire primario ambiental nacional definido as por la agencia de protección ambiental (EPA) de los Estados Unidos

Contaminante	Largo plazo			Corto plazo		
	Concentración Promedio			Concentración Promedio		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	
Dióxido de azufre	80	0.03	1 año ^b	365	0.14	24 horas ^a
Partículas (PM 10)	50	—	1 año ^{b,g}	150	—	24 horas ^a
Partículas (PM 2.5)	15	—	1 año ^{b,g}	65	—	24 horas ^f
Monóxido de carbono				40,000	35	1 hora ^a
				10,000	9	8 horas ^a
Oxidantes (ozono)						8 horas ^c
						1 hora ^b
Dióxido de Nitrógeno	100	0.053	1 año ^b			
Plomo	1.5	—	3 meses ^d			

Fuente: ASHRAE 62.1- 2007

Además, esta norma, también sugiere recomendaciones para una ventilación propicia, control de humedades, filtración de material particulado y contaminación microbial, esto enfocándolo a la vivienda social.

- **Norma DB HS3 Calidad del interior**

Es la normativa española se aplica en el interior de las viviendas, ya sea natural, mecánica o híbrida, teniendo en cuenta elementos constructivos como aberturas, bocas de

ventilación, ventanas y puertas exteriores. Sugiere que la concentración media anual de CO₂ sea de 900 ppm, un poco más alta que la norma ASHRAE 62.1-2007, además para recintos interiores de la vivienda recomienda un caudal mínimo de 1.5 l/s cuando no está ocupado.

Su propósito es diluir la humedad, los olores, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, como consideración final se aclara que esta norma es más específica que la ASHRAE 62-2001.

1.9.2 Normativa nacional

Con toda la problemática de violencia que vivió nuestro país en el siglo, hubo un éxodo de campesinos hacia la ciudad desde la década de los años cuarenta, el gobierno ha creado normas y estamentos públicos para mejorar la calidad de la vivienda para las personas menos favorecidas y directrices que mejoraran la construcción de viviendas de interés social.

- **NTC 5183 Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores**

Esta norma es la misma norma ASHRAE 62 – 2007, en donde la calidad del aire interior IAQ (Indoor Air Quality) denominación en inglés, busca suministrar o inyectar aire fresco a un recinto interior y diluir los contaminantes presentes, pero no aborda el tema de confort térmico.

Con lo explicado anteriormente, la NTC 5183 (2003) señala, “El propósito de esta norma es especificar las tasas máximas de ventilación y calidad del aire interior, aceptable para los ocupantes humanos, al tiempo que pretende minimizar la posibilidad de efectos adversos para la salud” (p.6).

Esto nos servirá para aplicar en la metodología y establecer las concentraciones máximas de contaminantes permitidas por la EPA y también las tasas de ventilación propicia por persona para recintos interiores, identificando las fuentes de contaminación, control de humedad y filtración adecuada.

1.10 Referentes

Los referentes arquitectónicos, expuestos son adaptados al medio natural, el espacio habitado y criterios de sostenibilidad aplicados en el proyecto, están enfocados a vivienda que es el caso que nos acomete.

Cabe resaltar que en la búsqueda de referentes o investigaciones que estudien la calidad del aire en edificaciones de clima frío en lo que respecta a VIS no hay un estudio que lo aborde desde la escala arquitectónica.

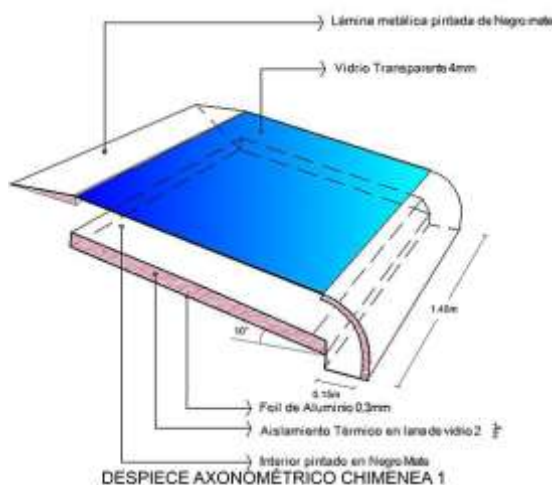
1.10.1 Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial

Es un estudio adelantado por el Arq. Walter Giraldo y el Ing. Carlos A. Herrera, quienes son docentes de la Universidad del Valle (Colombia); abordan la calidad del aire de la VIS, implementando estrategias pasivas, una de las problemáticas que se expone son según Giraldo y Herrera (2017), “En las zonas tropicales cercanas al ecuador, climatizar con ventilación natural se complica con la alta insolación al mediodía (870 W/ m^2) y el viento en calma” (p.78).

Se propone a través de la ventilación natural y la carga térmica brindar confort, esto simulado bajo un referente VIS de la ciudad de Cali, concluyéndose que estas unidades habitacionales son inhabitables y se optó según Giraldo y Herrera (2017), “En particular las chimeneas solares resultaron muy efectivas por la inducción de corrientes de aire durante el periodo de viento en calma” (p.78).

Las chimeneas solares utilizan la convección natural para renovar al aire mínimo 4 veces por hora en un espacio, esto coadyuva a la eliminación de malos olores y contaminación por aire viciado y evitando la emisión de CO_2 .

Figura 1-8: Diseño chimenea solar.



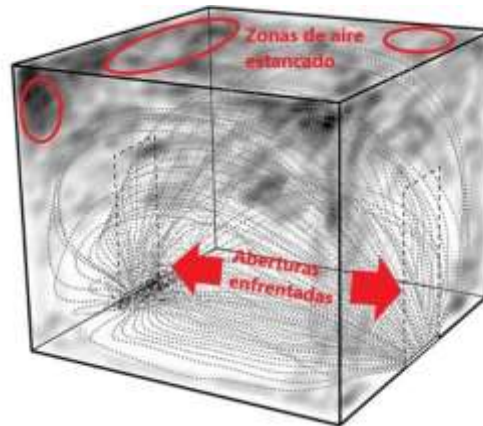
Fuente: Giraldo y Herrera (2017)

Señala Giraldo y Herrera (2017), que la estrategia utilizada no es suficiente, pero tienen un efecto positivo en la higiene y confort, removiendo contaminantes y calor.

1.10.2 Influencia de la ubicación de las aberturas en la eficiencia de la ventilación en viviendas

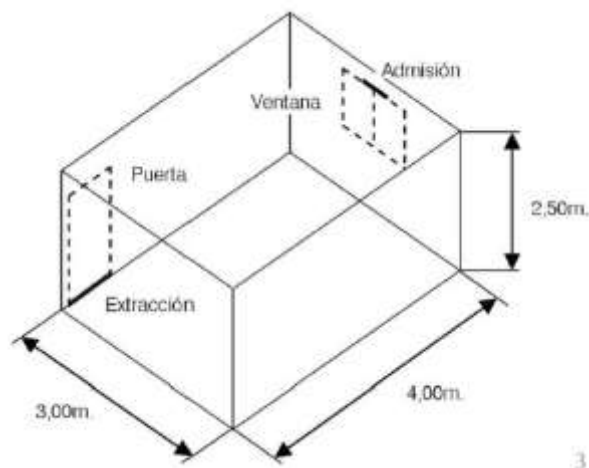
Señalan Meiss y Feijó (2011), “El proceso de ventilación incluye impulsar aire “limpio” y extraer el viciado a través de los cerramientos, distribuir y hacer circular el aire entrante y prevenir la contaminación interior” (p.53), luego para lograr este objetivo plantearon un estudio en el que controlen cualitativamente la renovación del aire y que supere la norma del Código Técnico de la Edificación sección HS3 “Calidad del Aire Interior” para obtener un ahorro energético.

Una de las problemáticas que se presentan son cuando las aberturas están enfrentadas creando zonas de aire estancado que no es renovado, de esta manera se puede concluir que las aberturas ubicadas así no son eficientes para cumplir con el caudal de ventilación.

Figura 1-9: Problemática de ventilación en aberturas enfrentadas.

Fuente: Meiss y Feijó (2011).

Este estudio señala que pueden existir zonas que presenten exceso o déficit de ventilación, las zonas que tienen baja ventilación se deben analizar en detalle, por esta razón Meiss y Feijó (2011), plantean “La ubicación física de las aberturas de admisión y extracción de aire inciden significativamente sobre la eficiencia de renovación del aire en un recinto” (p.54).

Figura 1-10: Ubicación de aberturas cruzadas.

Fuente: Meiss y Feijó (2011).

Lo que se puede implementar de este referente es brindar herramientas que permitan al proyectista o arquitecto ubicar correctamente los tipos de abertura que nos ayuden a

determinar los diferentes tipos de flujo en un recinto, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Volumen de los recintos de las viviendas y alturas libres
- Formas de los recintos, rectangular, cuadrada o irregular
- Número de aberturas y su ubicación
- Geometría de las aberturas y sus medidas identificando las de admisión y extracción

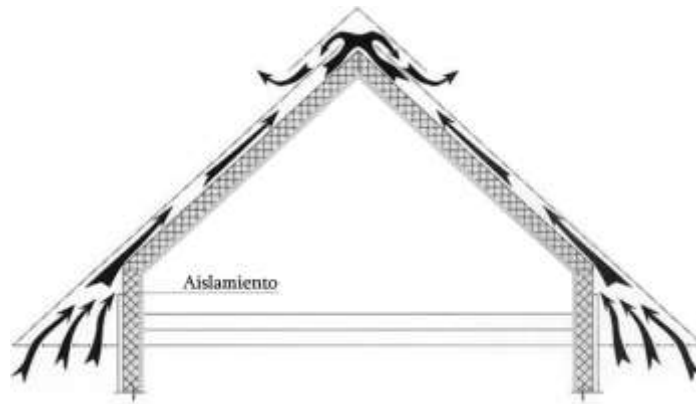
1.10.3 Recuperación de calor de aire de ventilación en clima frío

Es un referente tipo tesis de la estudiante Lilia Vakazova del Master en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Catalunya, en la cual afirma Vakazova (2014), “Las pérdidas por ventilación pueden llegar a un porcentaje muy importante, por lo cual para reducir las pérdidas se aprovecha el calor de aire de ventilación”. (p. 5), esta investigación se enfoca a las edificaciones de clima frío, donde es importante mantener el calor interior

Propone el concepto de casa pasiva donde la captación, almacenamiento y distribución de la energía funcionen solos sin sistemas convencionales de calefacción, el aislamiento casi total en la masa y envolvente de la vivienda teniendo en cuenta; orientación, forma, proporción y orientación de los vanos, control de puentes térmicos, ventanas de alta calidad, uso de energías renovables y sistemas intercambiadores de calor.

De esta investigación podemos tomar el análisis que hace a nivel arquitectónico de la edificación como la disposición con su entorno, la elección de materiales, color, estrategias de ventilación, disposición y tamaño de ventanas, también el aislamiento de las cubiertas para mitigar la pérdida de calor, las cuales las implementaremos en la metodología.

Figura 1-11: Cubierta con aislamiento



Fuente: Vakazova (2014).

2. Calidad del aire interior y exterior

Actualmente las personas pasan en las edificaciones gran parte de su tiempo aproximadamente entre un 80% y 90%, por eso el compromiso de los arquitectos es tener en cuenta en el diseño la sostenibilidad y calidad del ambiente interior en una edificación.

La temperatura del aire obliga al cuerpo humano a regular su estado de confort mediante la de ganancia o pérdida de calor por convección o evaporación, por otro lado, la humedad relativa indica el porcentaje de humedad máxima en el aire a cierta temperatura que también influye en la pérdida o ganancia de evaporación.

2.1 El aire exterior

La calidad del aire interior va a depender de las cualidades del aire exterior, a lo cual Escorcía (2016) resalta “la calidad del aire, calculada a partir de la concentración de partículas de polvo, y se puede medir y regular por medio de sistemas de vigilancia y monitoreo a las fuentes de contaminación del aire” (p.27); las fuentes primarias que contaminan el aire con material particulado son de dos clases:

- Fijas (Industrias de toda clase)
- Móviles (vehículos automotores)

En efecto, para nuestro caso como se menciona, la autoridad de protección local es CORPOBOYACA, entidad que mide la calidad del aire en el departamento de Boyacá y da las directrices y planes de gestión ambiental que mitiguen la contaminación ambiental.

Dado el caso que el aire exterior supera los valores indicados de contaminación en la Tabla 1, la NTC 5183 (2003) recomienda “Se deben usar sistemas de limpieza de aire adecuados para el tamaño de las partículas presentes. Para la remoción de gases y vapores, se deben usar sistemas adecuados de limpieza de aire.” (p.12).

Ahora, si la calidad del aire exterior es aceptable, por ende, la del interior lo será, a lo cual la NTC 5183 (2003) al respecto asigna en la tabla 2-2 por espacio ocupado y subraya “La tabla 2 contiene una lista de las tasas de ventilación necesarias en cfm (L/s) por persona, o cfm/ft (L/s.m²) para una variedad de espacios. En la mayor parte de los casos se presume que los contaminantes producidos deben ser proporcionales a la cantidad de personas que ocupan el espacio” (p.17); para la presente investigación que es sobre vivienda social podemos utilizar el cuadro 2-2, donde:

- cfm = Pies cúbicos por minuto
- L/s = Litros por segundo

Tabla 2-1: Requisitos de aire exterior para ventilación, instalaciones residenciales (Viviendas privadas, sencillas y dobles).

Aplicación	Requerimientos exteriores en: cfm = pies cúbicos por minuto L/s = Litros por segundo	Requerimientos exteriores en: m ³ /h = metros cúbicos por hora
Áreas de vivienda	Cambios de aire de 0.35 por hora, pero no menores a 7.5 L/s (15 cfm) por persona	25.49 m ³ /h
Cocina	50 L/s (100 cfm) intermitente o 12 L/s (25 cfm) continuo o con las ventanas abiertas	169.9 m ³ /h intermitente o 42.48 m ³ /h
Piscina, baños	25 L/s (50 cfm) intermitente o 10 L/s (20 cfm) continuo o con las ventanas abiertas	84.95 m ³ /h intermitente o 33.98 m ³ /h
Garajes, separaciones para vivienda	50 L/s (100 cfm) por carro	169.9 m ³ /h
Unidades comunales	7.5 L/s m ² (1.5 cfm/ft ²)	27 m ³ /m ²

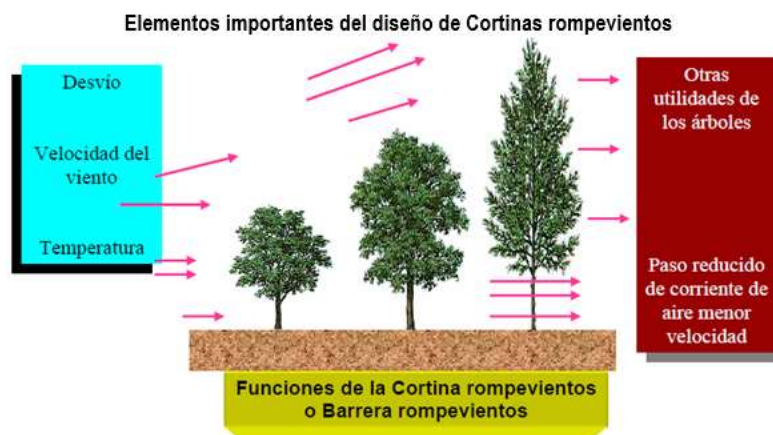
Fuente: Elaboración propia basado en documento NTC 5183 (2003)

2.1.1 Arborización para exteriores

En el exterior se puede utilizar barreras naturales que sirvan de abrigo a los vientos dominantes y sobre todo las corrientes de aire frías. Para la ciudad de Tunja, esta estrategia funcionaria ubicando los árboles en la parte sur de una urbanización o vivienda, para desviar y reducir las corrientes de aire.

Por otra parte, esta estrategia regula el microclima y reduce el transporte de material particulado que a la final contamina, absorbe el CO₂ y retiene el polvo.

Figura 2-1: Cortinas de árboles rompe vientos



Fuente: http://www.fundesyam.info/biblioteca/imgs/700233_5.jpg

2.2 Calidad del aire interior

Lograr calidad del aire interior consiste en renovar el oxígeno, eliminar el CO₂, vapor de agua, formaldehído, malos olores y con esto mejorar el confort, la habitabilidad y la salubridad de sus ocupantes, de acuerdo a Ramos (2012); “ El ser humano depende del aire para respirar y mantenerse vivo, de ahí que la falta de este o su contaminación, sea por agentes externos o gracias al proceso de respiración humana, redundará en problemas respiratorios y, en el caso más crítico, producirá asfixia” (p. 38).

Si el aire interior está viciado afecta directamente la salud de sus ocupantes y la productividad de estos, su contaminación afecta la salud humana con irritación (ojos, nariz,

garganta y piel), alergias, asma, enfermedades contagiosas, cáncer y alteraciones genéticas. Para lograr una calidad del aire la NTC 5183 (2003) define “La calidad aceptable del aire dentro del espacio se logra controlando los contaminantes conocidos y los que se pueden especificar” (p. 10), también se logrará disminuir el contagio de enfermedades y estrés en sus ocupantes.

Ahora bien, si más del 20% de sus usuarios presenta escozor de ojos, síntomas irritativos respiratorios, resequedad y alergia en la piel, afectando las actividades que se realizan en los recintos interiores, estamos hablando de un SEE (Síndrome de Edificio Enfermo), de igual modo, si un edificio posee problemas de calidad de aire, pero la calidad del aire exterior es buena, de acuerdo a la NTC 5183 (2003) “Se puede usar aire exterior para controlar la concentración de contaminantes, diluyendo o sacando los contaminantes de su fuente” (p.22), pero hay que tener en cuenta que si el aire exterior es malo se debe diseñar estrategias para mejorar este aspecto.

El movimiento o velocidad del aire en un espacio debe ser de 0.2 km/hora, gracias a esta característica se da una sensación de frescura por convección y evaporación. Muchos de los edificios tienen ventilación forzada, son herméticos y sus ventanas están diseñadas para la iluminación y no tienen aberturas para generar los adecuados caudales de renovación del aire.

El aire viciado interior se debe eliminar de los espacios de la vivienda y sobre todo de las zonas húmedas y de acuerdo con Ramos (2012), señala al respecto:

Son los baños, cocinas y zonas de ropa los espacios en que se genera mayor contaminación del aire interior; aquí se producen vapores de cocción, olores, vapor de agua, entre otros, por lo tanto, deben ser estos espacios los mejor ventilados, y se debe impedir que el aire con presión positiva siga hacia los otros espacios de la vivienda, este debe salir al exterior (p.40)

2.2.1 El ser humano y el aire interior

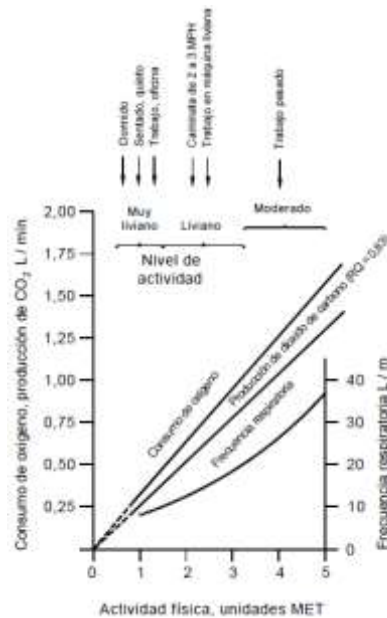
El ser humano está ligado a la respiración para sus funciones vitales, por lo cual si el aire interior está viciado traerá problemas a los usuarios como lo señala A. Hernández (2001). “Los síntomas más frecuentes son la irritación de las membranas mucosas (ojo, nariz y garganta), dolores de cabeza, insuficiencias respiratorias y una mayor incidencia de resfriados alergias y demás”. (p. 45).

Por lo tanto, en un espacio cerrado se debe dar la renovación del aire y dilución de los contaminantes presentes y a lo cual Ramos (2012) refiere; la determinación de la calidad del aire y cantidad de renovación de este en un espacio interior, confluyen entre otras variables:

- Tipo de actividad realizada en el espacio y la contaminación que esta produce
- Diseño de los espacios, volumen y altura
- Número de personas que habitan el espacio y nivel de higiene de estas.
- Calidad del aire exterior.
- Control de la temperatura del aire interior.
- Forma de distribución en el interior y velocidad del viento (p.39).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente respecto al ser humano debido a la ocupación y actividades que este desarrolla en un espacio, está generando contaminantes, a lo cual la NTC 5183 (2003) agrega lo siguiente, “Los ocupantes humanos producen bióxido de carbono, vapor de agua y contaminantes incluyendo materias particuladas, aerosoles biológicos y compuestos orgánicos volátiles” (p.17).

A continuación, en base a el Apéndice C de la NTC 5183, se muestra en la figura el consumo de oxígeno versus producción de CO₂ y la intensidad física de una persona.

Figura 2-2: Datos metabólicos

Fuente: Apéndice C, NTC 5183 (2003)

Con el método descrito anteriormente podemos calcular la cantidad de CO₂, que produce una persona en un recinto interior y la cantidad de L/s (litros por segundo), que se necesitan para mantener en un promedio de 700 ppm de concentración de CO₂, con una satisfacción de los usuarios con respecto a los bioefluentes humanos (olores corporales).

Otro aspecto es la temperatura superficial o radiante de los elementos de la edificación, que directamente o indirectamente afectan la temperatura del cuerpo humano por radiación o conducción al estar en contacto con ellos, por esta razón un edificio en clima frío seco que este mal aislado la temperatura del aire es baja y se debe compensar incurriendo en gastos energéticos mayores.

2.2.2 Concentración de CO₂ en un espacio

En el caso que nos atañe, el cual es la vivienda y teniendo en cuenta su zonificación, según Ramos (2012) afirma. “Son los baños, cocinas y zonas de ropas los espacios en que se genera mayor contaminación del aire interior; aquí se producen vapores de cocción, olores,

vapor de agua, entre otros, por lo tanto, deben ser estos los espacios los mejor ventilados” (p.40).

Con lo expuesto anteriormente, en un espacio de cualquier edificación se debe mantener una concentración de CO₂ límite, el Apéndice C de la NTC 5183 (2003) refiere al respecto lo siguiente:

Manteniendo una concentración CO₂ en estado estable en un espacio no superior a cerca de 700 ppm sobre los niveles de aire exterior, indicará que la gran mayoría de los visitantes que ingresan a un espacio estarán satisfechos con respecto de los bioefluentes humanos (olores corporales) (p.40).

La disminución del contenido de oxígeno del aire de un espacio se puede hallar con la ecuación (3.1), cuando se sustituye por concentración de bióxido de carbono.

$$C_s - C_o = N / V_o \quad (3.2)$$

Despejando el término N tendrá un valor negativo con de la ecuación (3.1), ya que el oxígeno se consume y no se genera, para esto la concentración de CO₂ en el espacio será (ver ecuación (3.3)).

$$C_s = C_o - N / V_o \quad (3.3)$$

2.2.3 Plantas recomendadas para interiores

En los espacios de una edificación se puede utilizar las plantas de interiores con el propósito de absorber los COV, purificar el aire y sirvan como filtro, la BBC Mundo (2015) en su artículo cita y entrevista a Bill Wolverton quien llevo a cabo un estudio en la NASA en 1989 para determinar cuáles eran las plantas más idóneas en espacios interiores

Wolverton y expresa, “Los contaminantes más comunes y que las plantas se encargan de filtrar son benceno, xileno, amoníaco, tricloroetileno y formaldehído, según el estudio”, pero descubrió que no todas lo hacen con la misma eficacia y sugiere 5 plantas para limpiar el aire de la casa.

- **Potus (*Epipremnum aureum*):** Planta muy popular, resistente, no requiere grandes cuidados sirve para decorar oficinas, centros comerciales y otros lugares públicos, se adapta a temperaturas de 17° y 30°, solo se riega cuando la tierra está seca, eficaz para absorber formaldehído, xileno y benceno. Wolverton (2015).

Figura 2-3: Potus



Fuente:

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

- **Lirio de la paz, flor de la paz, flor de muerto (*Spathiphyllum sp*):** Puede sobrevivir con poca luz, crece en temperaturas a los 18°C, se recomienda mantenerla lejos de corrientes de aire, son longevas y absorbe benceno, xileno, amoníaco, tricloroetileno y formaldehído. Wolverton (2015). Se utiliza en baños y cuartos de lavado, elimina esporas de moho.

Figura 2-4: Lirio de paz



Fuente:

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

- **Palmera de bambú o palmera china (*Raphis excelsa*):** Originaria de Asia, puede llegar a crecer hasta 3 metros de altura, elimina del aire formaldehído, xileno y amoníaco. Wolverton (2015). Además, actúa como un humidificador natural.

Figura 2-5: Palmera de bambú



Fuente:

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

- **Lengua de suegra, lengua de tigre, sansevierias, espada de San Jorge (*Sansevieria trifasciata*):** Muy usada en la decoración de interiores, sobrevive a condiciones desfavorables, se cultiva en exteriores, resistente a temperaturas de -5°C a 40°C, elimina el benceno, xileno, tolueno, tricloroetileno y formaldehído. Wolverton (2015).

Figura 2-6: Lengua de suegra



Fuente:

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

- **Árbol de caucho (*Ficus robusta*):** Crece en pocos años, es una planta que necesita espacio, eficaz para eliminar formaldehído, resistentes a las enfermedades y como tiene un índice elevado de transpiración ayuda a mantener la humedad en el ambiente. Wolverton (2015).

Figura 2-7: Árbol de caucho



Fuente:

http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

2.3 La vivienda y sus espacios interiores

La vivienda en su interior debe asegurar la renovación de aire para evitar concentración de malos olores, presencia de material particulado, gérmenes, gas carbónico y humo de cigarrillo, en la tabla 2-3 se muestra los caudales mínimos de renovación de aire en una vivienda de acuerdo a la norma española HS3.

Tabla 2-2: Caudales mínimos para ventilación constante en locales habitables

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ⁽¹⁾ ⁽²⁾			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Minimo en total	Minimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

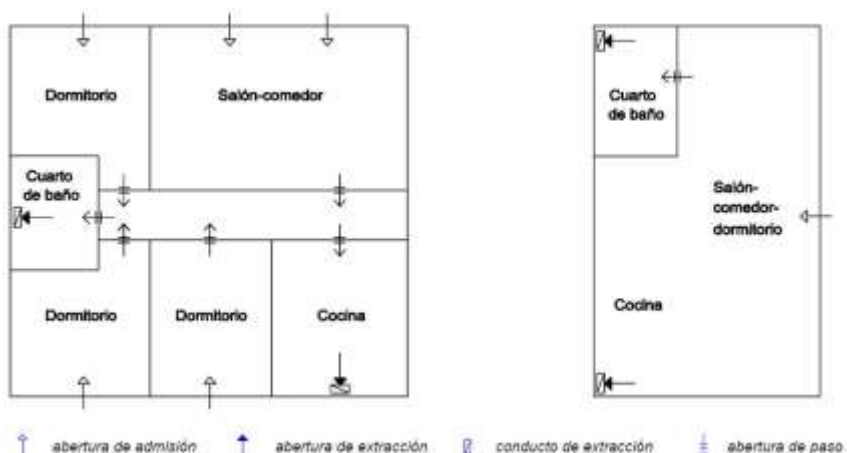
(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Fuente: HS3 (2017)

Así mismo, la norma HS3 recomienda ventilar desde los locales secos a los húmedos, donde las salas, comedores y alcobas deben tener aberturas de admisión y las cocinas y baños aberturas de extracción, como el análisis que muestra la figura 2-8.

Figura 2-8: Ventilación interior en las viviendas



Fuente: HS3 (2017)

2.3.1 Cocina

Debido a los procesos de cocción que se realizan en la cocina, al respecto explica Yarke (2011), “Por ejemplo, como consecuencia de los procesos de combustión, aumenta la presencia de anhídrido carbónico, monóxido de carbono, vapor de agua y otros elementos en el aire” (p.34). A esta problemática se debe implementar las directrices de la NTC 3631 acerca de la ventilación de recintos interiores con artefactos de gas, la cual más adelante se explica.

En las cocinas se debe tener en cuenta la iluminación y ventilación directa con el propósito de evacuar el vapor de agua y olores, fuera de eso, se coloca una rejilla en la parte inferior de uno de los muros de la cocina que ayude a la renovación del aire de combustión y otra rejilla de reventilación a 1.8 m del piso.

Además, la norma HS3 (2017), señala que la abertura de extracción se ubica en la zona de cocción y ventilación directa por ventana o puerta, por último, recomienda un caudal mínimo de ventilación de 50l/s.

2.3.2 Baño

Este espacio debe tener en cuenta para su diseño, ubicación, iluminación y ventilación, esto último directa con el propósito de evacuar renovar el aire, evacuando la formación de esporas, moho y humedades.

De acuerdo con la norma HS3 (2017), la ubicación de una abertura de extracción se debe ubicar en la zona más contaminada, para el espacio en cuestión sería el inodoro.

2.3.3 Patio de ropas

Cabe destacar que el área del patio es un aislamiento posterior que nos ayuda a ventilar directamente e iluminar la vivienda, a lo que las curadurías en los últimos años exigen de manera estricta un paramento de 9 m² de área mínimos que coadyuban la mejora la higiene de la vivienda, cabe resaltar que la ventilación en este espacio es directa.

2.3.4 Alcobas y comedores

Este espacio se debe diseñar con iluminación y ventilación directas para la evacuación de contaminantes por la respiración humana y formación de humedades en las paredes, que a la postre resulta en problemas respiratorios y mala calidad de vida.

En la tabla 2-3 se relaciona las recomendaciones de la normativa HS3 (2017) en las que se dan los caudales mínimos de ventilación en dormitorios y comedores con un ambiente, parámetros que se pueden aplicar para vivienda social.

3. Contaminantes

En las edificaciones se presentan de tres tipos de contaminantes, los cuales son los químicos, biológicos y factores físicos, de modo que su presencia deriva en el SEE (Síndrome de Edificio Enfermo); al respecto señala Yarke (2011), “Los contaminantes más significativos son dióxido de carbono, monóxido de carbono, vapores orgánicos, fibras, polvillo en suspensión” (p.12).

Paralelamente podemos complementar con la tabla que expone Acaire (2017), acerca de los principales contaminantes que afectan la CAI en recintos:

Cuadro 3-1: Contaminantes de los recintos interiores

Factores Biológicos	Factores Químicos	Factores Físicos
Moho	Monóxido de carbono	Temperatura
Bacterias	Compuestos Orgánicos	Humedad Relativa
Hongos	Volátiles (COVs)	Ventilación
Levaduras	Humos	Acústica
Ácaros	Gases	Iluminación
Virus	Olores	Gas radón
		Electricidad estática
		Campo eléctrico alterno
		Campo electromagnético

Fuente: Acaire (2017)

3.1 Contaminantes químicos

En una edificación se puede presentar contaminantes generados por gases de los materiales de construcción o el mobiliario, para mitigar este tipo de contaminación la NTC 5183 (2003) propone, “Si se sospecha la presencia de carcinógenos u otros contaminantes peligrosos en el espacio ocupado, otras normas o pautas relevantes (Ej.: OSHA, EPA) pueden remplazar el procedimiento de tasa de ventilación” (p.19); por otra parte también sugiere las tasas de renovación de aire por espacios en vivienda en cfm / ft² o L/s m² (Ver Cuadro 2-2)

3.1.1 Compuestos orgánicos volátiles

Son también llamados COV, se transforman fácilmente en gases y vapores, se liberan de disolventes, pinturas, lacas, repelentes, aromatizantes, sustancias de aerosol y disolventes. En los seres humanos producen a nivel físico irritación de ojos, dolor de cabeza, náuseas, reacciones alérgicas y manchas en la piel. Una definición más precisa de los COV los expresa Maroto (2016), así:

Los compuestos orgánicos volátiles COV son un grupo de compuestos pertenecientes a diferentes familias químicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres de glicol, terpenos, etc.), que tienen en común su base química de carbono y la particularidad de volatilizarse en el aire en estado gaseoso a temperatura ambiente, de forma más o menos rápida (p.31).

3.1.2 Monóxido de Carbono CO₂

En el aire exterior la concentración de CO₂ según el Apéndice C de la NTC 5183 (2003) afirma “Varia típicamente de 300 ppm a 500 ppm. Las altas concentraciones de CO₂ en el aire exterior puede ser un indicador de combustión y/o otras fuentes de contaminación (p.41).

3.1.3 Fibra de amianto o asbesto

Pertenece al grupo de los minerales metamórficos fibrosos y se componen de silicatos de cadena doble, por sus propiedades se utiliza en la industria de la construcción como tejas, baldosas, productos de papel, productos de cemento y pinturas.

Por medio de estudios médicos se llegó a la conclusión que el amianto/ asbesto producen cáncer con alta mortalidad, pero todavía en países en vía de desarrollo se sigue utilizando. Desde hace mucho tiempo se conoce los efectos adversos del asbesto en la salud de los humanos como de hecho los romanos describían la enfermedad de los pulmones que desarrollaban los esclavos que tejían ropa de asbesto.

Hoy en día se conoce con gran certeza que la exposición a asbesto produce tres tipos de cáncer:

- Asbestosis.
- Cáncer del pulmón.
- Mesotelioma.

Se debe saber que el cáncer de pulmón se produce por inhalación y no por contacto con la piel o ingesta. Las partículas de asbesto son microscópicas y se desplazan por el aire pasando al pulmón en cada inspiración.

3.1.4 Vapor de formaldehído

El formaldehído es un gas incoloro de olor penetrante se utiliza mucho en la fabricación de materiales para la construcción y en la elaboración de productos para el hogar, como resinas adhesivas para tableros de madera aglomerada.

3.2 Contaminantes biológicos

Se encuentran en mayor cantidad en aire que respiramos y las propias personas como afirma Maroto (2016) y quien revela al respecto, “La proliferación los contaminantes biológicos depende de las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad

relativa, luz y renovación de aire” (p. 33), si existen estas condiciones aunado a un espacio cerrado favorecerá el crecimiento de microorganismos como hongos, moho, etc.

3.3 Contaminantes del aire interior

Respecto a los contaminantes en un espacio interior, las principales fuentes de contaminación o viciado del aire son los que se utilizan para la fabricación de productos como pinturas, barnices para maderas, ambientadores, productos de aseo, telas, etc. Con respecto a este tópico, señala Ramos (2012), en un espacio cerrado se da contaminación del aire por:

- El proceso de respiración del hombre, que emite calor y vapor de agua.
- Sustancias orgánicas emitidas del metabolismo del ser humano, casi siempre representadas como olores.
- Contaminantes emanados de los materiales de construcción, de los muebles y demás enseres, que desprenden vapores y partículas sólidas.
- Toda carga orgánica e inorgánica proveniente del medio exterior, que se cuele por ventanas, puertas y ductos de ventilación no controlados (p.38).

A continuación (Ver Tabla 3-1), se presenta las fuentes y contaminantes que se podrían encontrar en una vivienda, de acuerdo a lo que expuesto por A. Hernández (2001):

Tabla 3-1: Contaminantes de interiores y sus fuentes

Situación	Fuentes de emisión	Contaminante
Exterior	Fuentes fijas	
	Establecimientos industriales, producción de energía.	Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono, material en partículas, monóxido de carbono, compuestos orgánicos.
	Automóviles	Monóxido de carbono, plomo, óxidos de nitrógeno
	Suelo	Radón, microorganismos
Interior	Materiales de construcción	
	Piedra, hormigón	Radón

	Compuestos de madera, chapeado.	Formaldehido, compuestos orgánicos
	Aislamiento	Formaldehido, fibra de vidrio
	Ignífugos	Asbesto
	Pintura	Compuestos orgánicos, plomo
	Ocupantes	
	Actividad metabólica	Dióxido de carbono, vapor de agua, olores.
	Actividad biológica	Microorganismos
	Actividad humana	
	Hábito de fumar	Monóxido de carbono, otros compuestos, material en partículas
	Ambientadores	Fluorocarburos, olores
	Limpieza	Compuestos orgánicos, olores
	Ocio, actividades artísticas	Compuestos orgánicos, olores.

Fuente: Elaboración propia basado en documento (A. Hernández. 2001).

El vapor de agua es otro contaminante, las fuentes en vivienda son las cocinas y baños, por otra parte, en el altiplano cundiboyacense se presenta en las fachadas condensación y humedad, causando reacciones alérgicas, enfermedades respiratorias y digestivas, por mohos y eflorescencias.

Como una conclusión podemos resaltar lo que afirma la EPA (Agencia Medioambiental de Estados Unidos) que cito Maroto (2016), en la cual relata que los productos de limpieza y mantenimiento contienen contaminantes orgánicos de hasta 5 veces superior a los niveles existentes en el exterior.

Para terminar, se recomienda mejorar las tasas de renovación del aire se para evitar la presencia de esporas de moho, ácaros y alérgenos.

3.4 Contaminantes del aire exterior

Con respecto al aire exterior, este presenta agentes que pueden contaminar con partículas en suspensión, como son: óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, óxidos de carbono y plomo. NO₂, azufre, ozono, CO (monóxido de carbono), CO₂, (por mala combustión de hidrocarburos, calderas, chimeneas, estufas, vehículos, etc.).

Para el caso en cuestión, la ciudad de Tunja, una de las fuentes de contaminación por CO₂ son los chircales o ladrilleras que se encuentran en las periferias urbanas y que contribuyen con la contaminación del aire exterior.

4.Incidencia de los materiales y componentes en la calidad del aire.

Los materiales utilizados en construcción son fuentes directas que contaminan el aire de un espacio al emitir COV (Compuestos Químicos Volátiles), gases tóxicos y radón; esto debido a que estos materiales se fabrican con sustancias y productos químicos que al estar en contacto o se ingieren pueden afectar las vías respiratorias, los ojos y la piel.

Según Maroto (2016), “La calidad del aire interior estar influenciada por los materiales de construcción de dos formas básicas, por contaminantes químicos y biológicos” (p.31). Así los materiales en construcción tienen un impacto en los ecosistemas, con emisiones y residuos durante su ciclo de vida. Una de las formas como la industria de la construcción está reduciendo estos impactos, son reciclando, reutilizando y rehabilitando para alargar el ciclo de vida de los materiales.

Para mejorar el ambiente y reducir las concentraciones de COV, se debe procurar ventilar para diluir la concentración de material particulado y de acuerdo a lo que dice con C. Hernández (2007) “los acabados de suelos paredes y techos contribuyen al olor y tacto agradables del ambiente interior y no emitir gases tóxicos”. (p.15). En el tema de vivienda social esta debe cumplir con unos estándares mínimos en los materiales utilizados como son:

- Durabilidad
- Eficiencia energética
- Reciclables
- Conductividad energética

- Bajos COV que afecten la salud humana.

Hay que resaltar que actualmente en el mercado existen materiales que evitan la proliferación de microorganismos, en las superficies como laminados para MDF y pinturas epóxicas para espacios con un alto requerimiento de asepsia.

Podemos concluir que las edificaciones se deben diseñar con materiales de calidad y de acuerdo con la NTC 5183 (2013), “Cuando recomiende el fabricante, los materiales del edificio deberán estar protegidos de la lluvia y otras fuentes de humedad, mediante procedimientos temporales o permanentes” (p. 26). Esto con el fin de evitar crecimiento en las superficies de microbios.

4.1.1 Papel

El papel y derivados de este son otros de los materiales que captan COV y los vuelven a emitir al removerse, otro factor es la baja ventilación donde se encuentran este tipo de material, como ejemplo tenemos el papel de colgadura, los libros, archivos, etc.

4.1.2 Madera

La madera también puede presentar emisión de contaminantes, sobre todo cuando se desarma o retiran elementos contruidos con este material, lo cual se debe a la acumulación por material particulado suspendido.

4.1.3 Morteros y concretos

Este tipo de material a pesar que durante la construcción fraguaron, después de su aplicación siguen emitiendo contaminantes en cantidades bajas como lo expresa Maroto (2016).

4.1.4 Pinturas

Es uno de los revestimientos que hacen parte de la obra blanca, de estas existen varios tipos, como las derivadas del petróleo y minerales con alto contenido de COV que sigue

desprendiéndose después de su aplicación, también existe la pintura que se fabrican en base de agua menos toxicas y menor contenido de COV.

Otro tipo es la pintura natural con casi nulo COV, compuestas de resina de pino y disolventes cítricos y estas son más respetuosas con el medio ambiente. Las emulsiones con base aceite son las más recomendadas y según Strongman (2009) sugiere “Tales como las pinturas al aceite de linaza coloreadas con pigmentos naturales. Las siguen las pinturas de resina vegetal, las de caseína (derivado de la leche), las minerales, las de arcilla y las pinturas a la cal” (p.30).

Como ventajas de la pintura natural se puede concluir como menciona Strongman (2009):

- Por ser micro porosas, las pinturas naturales toleran el agua sin descascarillarse
- Las pinturas naturales emplean resinas vegetales y otros ingredientes que repelen el polvo y bacterias.
- La mayor parte de las pinturas naturales son totalmente biodegradables

Y las desventajas tenemos:

- Las pinturas naturales son más caras que las sintéticas
- Tardan más en secarse

4.1.5 Tejidos

Los tejidos son materiales que se utilizan con mucha frecuencia en los acabados decoración de una vivienda, pero estos tienen químicos nocivos como los califica Strongman (2009) “Los tejidos domésticos suelen contener muchas sustancias químicas, tales como dioxinas, tratamientos ignífugos y blanqueadores con cloro. Dichos agentes no solo emiten toxinas en la casa, sino que son contaminantes desde su fabricación hasta su desecho” (p.32).

Pero en la actualidad es de fácil consecución fibras naturales libres de pesticidas como lo comenta Strongman (2009) “No es raro encontrar algodón, lino y seda ecológicos: del cáñamo se obtienen muchos productos, incluso cortinas de baño y fundas de sofá: y

también hay tejidos de materiales insólitos, como corcho, soja, bambú, maíz y corteza de árbol” (p.32).

Figura 4-1: Tela de cáñamo o yute.



Fuente: http://www.cannabrics.com/media/img/catalogo/d487f_PWtelas580.JPG

Como ventajas para mejorar el ambiente interior, los tejidos ecológicos se destacan de acuerdo a Strongman (2009):

- Las fibras naturales provienen a menudo de recursos renovables y su producción consume poca energía.
- Los tejidos procedentes de cultivos libres de pesticidas son inocuos y contribuyen a un hogar más saludable.

Y las desventajas a tener en cuenta son:

- Algunos tejidos sostenibles son difíciles de encontrar y no hay mucha variedad
- Los tejidos sostenibles como no se fabrican en serie, suelen ser más caros que los convencionales.

4.1.6 Características de los materiales

- Resistencia a los hongos:

Los materiales que se utilicen en la construcción, en lo posible deben ser resistentes al crecimiento de hongos como lo recomienda la NTC 5183 aplicando el ensayo de Underwriters Laboratories, Inc. (UL) 181 “Prueba de Humedad y Crecimiento de Hongos”.

- Erosión de los materiales:

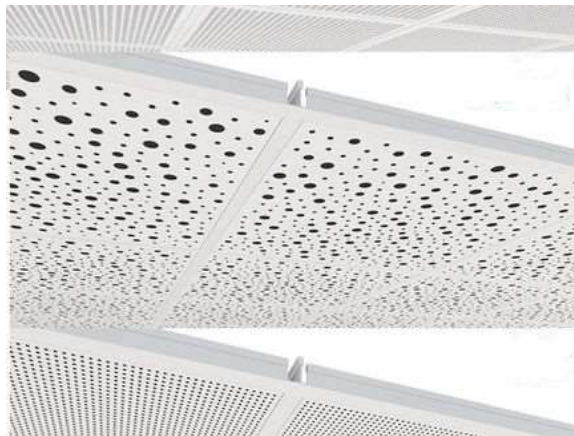
Con respecto al tema de erosión de los materiales y por el cual se da el desprendimiento de material particulado la NTC 5183 recomienda el ensayo “Prueba de Erosión” de Underwriters Laboratories, Inc. (UL) 181 y no deberán romperse, rajarse, pelarse, descascararse o presentar evidencia de deslaminado o erosión continua en las condiciones de la prueba” (p.13).

4.1.7 Materiales para purificar el aire

En los últimos años con el avance de la ciencia se ha logrado crear materiales que logran reducir los COV o con una baja emisividad de los mismos, respecto a esto Maroto (2016) cita, “A finales de los años 60 se empezó a estudiar la fotocatalisis para eliminar contaminación. Este proceso radica en la oxidación de los COV mediante un catalizador (TiO_2), que es activado por la luz con una longitud de onda específica” (p.35).

Con otros materiales también se puede purificar el aire de formaldehído y otros COV, por ejemplo, con la Zeolita que es un mineral que ayudan en esta tarea en las láminas de yeso perforado o con la tecnología Cleaneo®, cumpliendo la tarea de purificar de COV en un amplio rango, limpiando de formaldehído los espacios interiores, como lo asevera Maroto (2017). Esto es muy interesante ya se podría seguir investigando con el fin de disminuir costos y poderlos implementar en vivienda social para espacios como cocinas y baños.

Figura 4-2: Lamina de yeso perforada con tecnología Cleaneo®



Fuente: http://www.knauf.es/cutout/cutout_516846_detail_picture_1.jpg

4.2 Elementos arquitectónicos

La vivienda interés social debe cumplir con componentes que coadyuben a mejorar la habitabilidad y confort.

4.2.1 Muros

La mampostería que compone la vivienda, no debe presentar grietas, fisuras, ni presencia de hongos, ni condensaciones, como manifiesta Colombit (2006) “la distribución de muros y tabiques, pueden producir desplazamientos de las masas gaseosas que, en mayor o menor cuantía, pueden contribuir a la condensación” (p. 4). También la distribución de los muros incide en el volumen contenido de aire en un espacio y su velocidad y dirección dentro de la edificación.

4.2.2 Pisos

Estos hacen parte de los acabados, deben ser estables, dentro de los requerimientos mínimos estos deben ir en afinado de piso.

4.2.3 Cubierta

Esta es una de las envolventes que dan protección a sus ocupantes de los factores climáticos, este elemento debe evitar la infiltración de lluvia, aire, humedad y animales no deseados, además como refiere Eternit (2012), “La superficie que recibe mayor cantidad de radiación en una construcción es la cubierta. En algunos casos puede llegar a 70°C”. (p.2), lo que en clima frío es muy útil para mejorar la temperatura de sus recintos, otro aspecto que se debe analizar es el color y acabado de la superficie de la cubierta, debido a la radiación y temperatura captada, es decir por ejemplo una superficie blanca o aluminizada reducen la temperatura de la cubierta.

Por otro lado, Colombit (2006) señala, “Se ha comprobado que viviendas de baja altura son más propensas a la condensación en razón que hay más humedad en menor volumen” (p. 4). De esto podemos concluir que en techos más inclinados y que configuren una zona más alta inducirá a crear corrientes térmicas por las diferencias de densidad entre el aire

frío y el caliente, pero se debe prestar atención al tema de la temperatura de la edificación en climas fríos seco.

4.2.4 Puertas

La ubicación de las puertas es un factor de diseño que se debe tener en cuenta para la inyección de aire y control de la condensación en los espacios de una edificación. Por otro lado, para las puertas hay una medida para el paso de ventilación y es esa distancia entre el borde de la puerta y el piso, por ejemplo, $72\text{cm} \times 1\text{ cm} = 72\text{ cm}^3$ de paso de aire, en puertas de baños y cocina también se debe considerar las rejillas en la parte inferior de la puerta, estas también son llamadas rejillas de retorno.

Figura 4-3: Puerta con rejilla de ventilación.



Fuente:

https://images.homify.com/c_fill,f_auto,q_auto:eco,w_980/v1438928244/p/photo/image/421459/Puerta_de_despensa_con_rejilla_de_madera_para_el_ventilado_result_result.jpg.

Hay que tener en cuenta el número de renovaciones hora, que se cumplan, en una vivienda son 0.63 renovaciones x hora, o lo mismo que el 63% de renovación del aire, pero revisando la estanqueidad.

4.2.5 Ventanas

Las ventanas en una vivienda son de gran importancia para la iluminación y ventilación de los espacios, también es importante la ubicación para evitar el fenómeno de condensación y aparición de humedades.

En Colombia el INURBE (2002) con el documento *Guía para la viabilización de proyectos de vivienda de interés social*, hizo recomendaciones acerca de la ventilación de los espacios teniendo en cuenta el ancho de las ventanas (ver Tabla 3-1), sugiriendo:

Las ventanas en todos los espacios deben disponer de batientes, basculantes o persianas para favorecer la ventilación apropiada. En Clima frío el área operable debe ser mínimo el 15% y en clima cálido mínimo el 50%, de la superficie total de ventana. (p.18).

De la anterior sugerencia y por costes podemos decir que la ventilación de la VIS se hará de manera manual y al gusto del usuario.

Tabla 4-1: Ventilación de los espacios.

Espacio	Ancho mínimo ventanas
Sala- comedor	1.4 m
Alcobas	1.2 m
Baños	0.3 m
Cocina	1.2 m

Fuente: INURBE (2002)

De la ventilación que se brinde con la abertura de las ventanas dependerá otro atributo y es la higiene como refiere Tarchópulos y Ceballos (2003), en el cuadro 2, del cual se extrae la siguiente tabla.

Tabla 4-2: Atributo higiene.

Ventilación e Iluminación	Ventilación natural de los cuartos	1 ventana exterior
	Ventilación natural espacio múltiple	1 ventana exterior
	Ventilación de cocinas	1 ventana exterior
	Ventilación de baños	1 ventana exterior o ducto de ventilación
	Iluminación cuartos	1 ventana exterior
	Iluminación espacio múltiple	1 ventana exterior
	Iluminación cocina	1 ventana exterior
	Área mínima del patio	9 m2

Fuente: Tarchópulos y Ceballos (2003: 80)

5. Metodología

Esta investigación nace de la idea de formular una metodología para evaluar la calidad del aire interior en el diseño de vivienda social de clima frío, para lograr esto se propone una serie de pasos con una metodología de enfoque cualitativo donde implementaremos herramientas como los conceptos, referentes, recolección y análisis de datos; para esto justificamos la presente investigación de acuerdo a lo expuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014) “*Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas de investigación más importantes; y después para perfeccionarlas y responderlas*” (p.7).

Para lograr los objetivos propuestos en la presente investigación, se debe hacer dos tipos de metodología, la primera que es inherente a la investigación y la otra enfocada a un modelo metodológico a través de unas fases.

Con estas dos metodologías se pretende evaluar la calidad del aire y condiciones de habitabilidad de la vivienda de interés social en la ciudad de Tunja, desde los atributos arquitectónicos, constructivos, bioclimáticos y de confort de los usuarios, analizando la vivienda desde el exterior hasta el interior.

5.1 Metodología de la investigación

La clase de investigación que se desarrollo es de tipo descriptiva, donde se evalúa características ambientales del lugar, los fenómenos de confort en la vivienda, observando su comportamiento térmico frente al clima y la calidad del aire interior en la vivienda. A este estadio se llega analizando como marco teórico la naturaleza de estos fenómenos y su

clasificación desde la descripción de sus características; para lograrlo se siguieron los siguientes pasos:

1. Planteamiento del problema, el cual está delimitado a la calidad del aire en vivienda social en su contexto, la ciudad de Tunja y para lograr esto se plantea preguntas a las cuales se busca dar respuesta.
2. Estudio de los antecedentes y conceptos teóricos, acerca del tema de ventilación, calidad del aire y calidad del ambiente interior, vistos desde la escala arquitectónica de una vivienda, además se aplicará las herramientas recogidas para desarrollarlas dentro del diseño metodológico.
3. Revisión y comparación de la normativa internacional y nacional, así como de referentes sobre la calidad del aire en vivienda, para poder implementar metodologías que sirvan de evaluación en nuestro caso de estudio.
4. Diseño de un modelo metodológico con protocolos que nos servirá, para aplicar herramientas de recolección y análisis de información que den respuesta a las preguntas planteadas en la problemática y solución a los objetivos.
5. Selección de la muestra de estudio, será en un lugar definido y el objeto serán las viviendas y usuarios de estas.
6. Aplicación del diseño metodológico a la muestra de estudio, para evaluar los aspectos cualitativos de la vivienda como su diseño, geometría, envolvente, materialidad, sistema constructivo y disposición de vanos. De igual manera se evaluará el confort de los usuarios, desde los aspectos de sensación térmica, actividades y habitabilidad.
7. Conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados de la aplicación del diseño metodológico en VIS y que a su vez retroalimenten al mismo.

5.2 Modelo metodológico

La herramienta metodológica se enfocará en lo cualitativo para analizar los datos sobre la calidad del aire y el ambiente interior generando resultados y conclusiones que permitirá evaluar el objeto de estudio y según Hernández *et al.* (2014) "cuyas fuentes son: experiencias, materiales escritos, materiales audiovisuales, teorías, conversaciones e internet" (p.25).

La evaluación de la calidad del aire interior en VIS se abordará desde los aspectos cualitativos como son, el diseño y el confort de los usuarios, al hacerlo de esta manera podemos tener una visión general de este tema, que nos arrojará como resultado un indicador de calidad de la vivienda y satisfacción de los usuarios para las futuras construcciones de VIS en la ciudad de Tunja.

Para determinar lo anteriormente expuesto, el planteamiento metodológico se hará con las siguientes fases:

1. Análisis del lugar teniendo en cuenta el clima del lugar como son: la velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa, la orientación y contaminantes presentes en el aire.
2. Análisis arquitectónico de la vivienda, evaluando los atributos de diseño, constructivos, bioclimáticos y de la VIS, comparándolos con la normativa internacional y nacional de calidad del aire interior
3. Entrevistas que tienen el objetivo de indagar al usuario acerca del confort de la vivienda por medio del atributo de la ventilación y calidad del aire, se hará con la consecución de datos mayoritariamente cualitativos y en menor medida cuantitativos, para lograr dar respuesta a nuestra hipótesis planteada en la problemática.

4. Análisis y tabulación de la información encontrada en el caso de estudio, estructurando el enfoque cualitativo, desde lo urbano, lo arquitectónico y el usuario, para crear una herramienta de medición.
5. Interpretación y elaboración de resultados los cuales deben ser lo más objetivos esto a través de herramienta de análisis como tablas y matrices, con el objeto formular conclusiones y recomendaciones acerca de la calidad del aire interior desde el diseño de VIS y con esto dar respuesta al planteamiento del problema.

Figura 5-1: Modelo metodológico.



Fuente: Autor

5.3 Análisis del lugar

5.3.1 Características climatológicas del lugar

Las características climatológicas del lugar son muy importantes, ya que estas determinan el confort higrotérmico de la vivienda con una óptima temperatura en un espacio 21°C y 25°C, una humedad relativa del 30% al 65% y una velocidad del viento de 0.25 m/s.

Parte de la investigación que debe hacer el arquitecto es la consecución de los datos climatológicos del sitio a proyectar, información que se puede encontrar en la página del IDEAM, como es, la altura sobre el nivel del mar, la rosa de los vientos, la temperatura en las diferentes horas del día y la humedad relativa del lugar.

Todo lo anterior va a depender del lugar donde se emplace la vivienda, por ejemplo, de la rosa de los vientos obtenemos la velocidad y dirección del viento a ciertas alturas, esto con el objetivo de orientar y localizar la vivienda de acuerdo al clima, para lograr esto se sugiere tabla 5-1 para analizar las condiciones climatológicas de la zona.

Tabla 5-1: Características climatológicas del lugar

CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS DEL LUGAR				
Ciudad: Tunja		Altitud (msnm): 2822 msnm		
Rosa de los vientos (vientos predominantes)				
Velocidad promedio del viento (Altura de 8m)		Dirección de los vientos dominantes		
Temperatura anual mínima madrugada °C	Temperatura anual máxima media °C	Temperatura anual mínima media °C	Temperatura anual promedio °C	Humedad relativa %

Fuente: Elaboración propia basada en datos del IDEAM (2018)

5.3.2 Fuentes contaminantes del del aire exterior

En este aparte se analiza las fuentes contaminantes, como las fábricas y autos que producen monóxido de carbono, columnas de humo, dichos contaminantes son fáciles de identificar por medio de observación.

Tabla 5-2: Fuentes de contaminación del aire exterior

FUENTES DE CONTAMINACION DEL AIRE EXTERIOR					
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts					
Fuente de contaminación	Si	No	No Cumple	Si Cumple	Puntuación
¿Se identifican fuentes fijas de contaminación? (Industrias de toda clase)					
¿Se identifican fuentes de móviles de contaminación? (Vehículos, automóviles)					
¿Se observan columnas de humo o contaminantes del aire?					
				Total	

Fuente: Autor

5.3.3 Análisis del aire exterior comparado con la norma ASHRAE 62.1- 2007.

Con la tabla 5-3 se evaluará la concentración de contaminantes en el aire exterior comparadas con los niveles máximos permitidos por la ASHRAE 62.1-2007 (ver Cuadro 1-1), para comparar nos remitimos a los informes de la calidad del aire emitidos por CORPOBOYACA y los cuales son recogidos por la Estación Pírgua en la ciudad de Tunja.

Tabla 5-3 : Tabla comparativa de concentración de contaminantes en el aire exterior

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según ASHRAE 62.1-2007	Tiempo de Exposición	Contaminantes Monitoreados Estación Pírgua (Tunja)	Porcentaje De Concentración	No Cumple	Si Cumple
Material Particulado PM-10	50	Anual				
	150	24 horas				
Material Particulado PM-2.5	15	Anual				
	65	24 horas				
SO ₂ Dióxido de Azufre	80	Anual				
	15.2	1 hora				
NO ₂ Dióxido de Nitrógeno	100	Anual				
	200	1 hora				
O ₃ Ozono	100	8 horas				
CO Monóxido de Carbono	10.000	8 horas				
	40.000	1 hora				

Fuente: Autor

5.4 Análisis arquitectónico de la vivienda

En las viviendas de interés social de clima frío, se debe tener la mínima exposición de las fachadas principales y aberturas (ventanas) a los vientos dominantes, para el caso de Tunja se debe evitar la abertura de estos vanos en la fachada sur, teniendo en cuenta la disposición y tipos de abertura en ventanas y puertas, que logren ventilar directamente y diluir contaminantes que se acumulan como el dióxido de carbono.

De la misma manera se debe tener en cuenta la orientación de la vivienda con respecto al sol para aprovechar la radiación y calentar la temperatura del aire como estrategia pasiva que mejora el confort, teniendo en cuenta los materiales y color

Tabla 5-4: Análisis arquitectónico de la vivienda

ANÁLISIS ARQUITECTÓNICO DE LA VIVIENDA	
Plantas Arquitectónicas (Norte y vientos dominantes)	
Fachada Principal	
Fachada Posterior	
Corte Longitudinal	
Corte Transversal	
Área de la vivienda	
Volumen de la vivienda	
Orientación de la vivienda	

Fuente: Autor

Con la tabla 5-5 se da una ponderación al grado de cumplimiento en la ventilación de un espacio, esto hace parte del enfoque cualitativo.

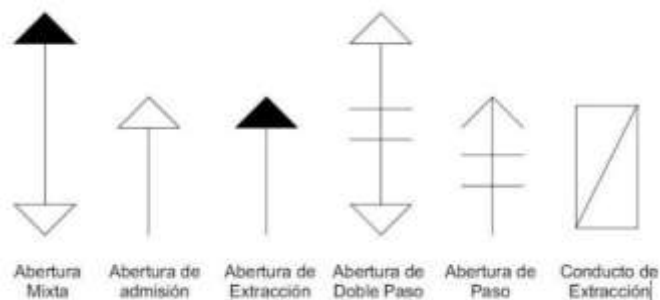
Tabla 5-5: Valoración grado de cumplimiento en ventilación

Grado de cumplimiento - Calificación	Rango en %
Muy deficiente	0%- 25%
Deficiente	25%- 40%
Regular	40% - 60%
Bueno	60%- 80%
Muy Bueno	80%- 90%
Excelente	90%-100%

Fuente: Autor

De otro lado, se hace una evaluación conforme a la norma española HS3 (2017), donde se implementa analizar en planta la vivienda, de manera que podamos verificar, las aberturas de admisión, las aberturas de extracción, aberturas de paso y los conductos de extracción, como se aprecia en la figura 5-2.

Figura 5-2: Simbología de aberturas en viviendas



Fuente: Elaboración propia basado en documento HS3 (2017)







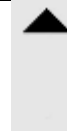



Según la norma ASHRAE 62.1- 2007, recomienda una distancia no mayor a 8mt de un muro útil y una apertura del 4% del área del piso neto ocupable, con la tabla 5-6 se puede lograr una comparación de con la normativa en mención.

DISTANCIA Y TAMAÑO DE LAS ABERTURAS SEGÚN ASHRAE 62.1- 2007					
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 5 pts					
Según la ASHRAE 62.1- 2007, recomienda una distancia no mayor a 8mt de un muro útil y una apertura del 4% del área del piso neto ocupable.					
Espacio o Recinto	Distancia no mayor 8mt muro útil		Abertura 4% del área del piso ocupable		Puntuación
	No Cumple	Si cumple	No Cumple	Si cumple	
1. Sala					
2. Comedor					
3. Cocina					
4. Patio de Ropas					
5. Baño Principal					
6. Alcoba Principal					
7. Alcoba 1					
8. Alcoba 2					
				Total	

5.4.2 Cocina

Tabla 5-7: Evaluación ventilación cocina

1. RELACION ESPACIAL DE LA COCINA	
Planta Arquitectónica	
Fuente:	







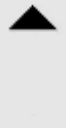
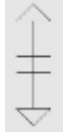


Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta					
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área			
Cocina											
2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES											
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple = 10 pts											
Mucha Relación =  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 											
Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Baño Principal	Patio de Ropas	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Cocina											
3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3											
Calificación: Abertura Mixta = 10 pts Abertura Admisión = 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts											
Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.											
Espacio							Puntaje				
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción					
Cocina											
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA											
Puntuación: No posee = 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Ducha = 5 pts. Zona Lavamanos = 5 pts. Zona de Inodoro = 10 pts.											
No posee abertura	Dintel de la Puerta	Zona de Ducha	Zona de Lavamanos	Zona de Inodoro	Puntaje						
REJILLA				TIPO DE VENTILACIÓN							
Calificación: Sin rejilla = 0 pts. Rejilla Inferior = 5 pts. Rejilla Superior = 5 pts.				Calificación: Sin Ventilación = 0 pts. Indirecta = 5 pts. Directa = 10 pts.							
Sin Rejilla	Rejilla Inferior	Rejilla Superior	Sin ventilación	Indirecta	Directa						
					Total						

Fuente: Autor

5.4.3 Baño

Con la tabla 5-8, se miden las diferentes variables que afectan la ventilación del baño, se estudia la relación del baño con los demás espacios de la vivienda, también se compara con la norma española HS3, donde se determina la abertura de admisión, abertura de extracción, abertura de paso y conducto de extracción. Por último, se evalúa la ubicación de la abertura y el tipo de ventilación.





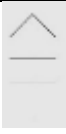

Tabla 5-8: Evaluación ventilación baño principal

1. RELACION ESPACIAL BAÑO											
Planta Arquitectónica											
Fuente: Autor											
Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta					
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área			
Baño											
2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES											
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts											
Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 											
Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Baño Principal											
3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3											
Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts											
Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.											
Espacio							Puntaje				
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción					
Baño											
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA											
Puntuación: No posee= 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Ducha = 5 pts.											

Fuente: Autor

Con la tabla 5-9, se mide los diferentes aspectos de ventilación de la sala y el comedor, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

[illegible]











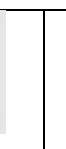
Sala y Comedor									
3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3 Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.									
Espacio							Puntaje		
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción			
Sala y Comedor									
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.									
No posee abertura		Muro Interno		Muro Externo		Puntaje			
5. TIPO DE VENTILACIÓN Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.									
Sin ventilación		Indirecta		Directa					
				Total					

Fuente: Autor

5.4.5 Alcobas

La tabla 5-10, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%, se aclara que el ítem de rejillas no se tiene en cuenta ya que las normas comparadas.

Tabla 5-10: Evaluación Ventilación Alcoba Principal

1. RELACION ESPACIAL ALCOBA PRINCIPAL											
Planta Arquitectónica											
Fuente: Autor											
Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta					
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área			
Alcoba Principal	1.35 m	1.70 m	0.67 m	1.40 m	0.94 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²			
2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES											
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts											
Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 											
Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba Principal											
3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3											
Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts											
Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.											
Espacio									Puntaje		
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción					
Alcoba Principal											
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA											
Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.											
No posee abertura		Muro Interno		Muro Externo		Puntaje					
5. TIPO DE VENTILACIÓN											
Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.											
Sin ventilación		Indirecta		Directa							

		Total	

Fuente: Autor

5.4.6 Patio de ropas

El patio de ropas se debe ventilar directamente y tener unas medidas mínimas de 9m² de acuerdo a los paramentos del municipio, se debe observar si el patio está totalmente cubierto, parcialmente o sin cubrir, ya que este aspecto afecta la ventilación.

Tabla 5-11: Evaluación ventilación patio de ropas

PATIO DE ROPAS						
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Area mínima = 9 m ² Calificación: No Cumple: 5 pts Si Cumple= 10 pts						
Largo	Ancho	Alto	Área m ²	No Cumple	Si Cumple	Calificación
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Calificación: Cubierto Totalmente = 0 pts Sin Cubrir= 5 pts Cubierto Parcialmente = 10 pts						
Cubierto Totalmente		Sin Cubrir		Cubierto Parcialmente		Calificación
				Total		

Fuente: Autor

5.5 Encuestas y entrevistas a los usuarios

Tabla 5-12: Identificación de la muestra de estudio

Identificación de la muestra de estudio (Vivienda y usuarios)				
1. Identificación Vivienda:		2. Fecha:		3. Hora:
4. Nombre quien realizada la encuesta:		5. Nombre de la persona encuestada:		
6. Nombres integrantes de la familia	Sexo	Edad	Parentesco	Ocupación
6.1. _____	_____	_____	_____	_____
6.2. _____	_____	_____	_____	_____
6.3. _____	_____	_____	_____	_____
6.4. _____	_____	_____	_____	_____
6.5. _____	_____	_____	_____	_____
6.6. _____	_____	_____	_____	_____
6.7. _____	_____	_____	_____	_____
6.8. _____	_____	_____	_____	_____
6.9. _____	_____	_____	_____	_____
6.10. _____	_____	_____	_____	_____
6.11. _____	_____	_____	_____	_____
7. ¿Cuál de las ocupaciones mencionadas representan un ingreso para el grupo familiar?				
8. ¿Hace cuánto tiempo vive aquí el grupo familiar?				
9. Observaciones				

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos. 2012).

Tabla 5-13: Encuesta de ventilación interior de la vivienda.

Encuesta distribución, confort y ventilación interior de la vivienda		
1. Identificación Vivienda:		2. Fecha:
3. Hora:		
4. Nombre quien realizada la encuesta:		5. Nombre de la persona encuestada:
6. ¿La vivienda ha tenido remodelaciones después de entregada por parte de la constructora? Si () No ()		6.1 ¿Qué espacios? Explicar
7. ¿Para las actividades que realiza en la vivienda, la temperatura es?	Muy Fría () Fría () Regular () Cálida ()	7.1. ¿Qué actividades realiza y a qué horas del día?
8. ¿Ha detectado condensación de vapor de agua en la vivienda?	Si () No () A veces ()	8.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día?
9. ¿Ha detectado humedades en la vivienda?	Si () No ()	9.1 ¿En qué sitios de la vivienda?
10. ¿Ha detectado infiltraciones de aire indeseado en la vivienda?	Si () No () A veces ()	10.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día?
11. ¿Considera que su vivienda acumula malos olores o gases?	Mucho () Poco () Nada ()	11.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día?
12. ¿A nivel de temperatura, su vivienda es?	Muy Fría () Fría () Cálida () Muy cálida ()	12.1 ¿Por qué causa?
13. ¿A nivel general, la ventilación de su vivienda es?	Muy ventilada () Ventilada () Poco ventilada () Sin ventilación ()	13.1 ¿Por qué causa?
14. ¿Considera que al usar la sala esta es?:	Muy ventilada () Ventilada () Poco ventilada () Sin ventilación ()	14.1 ¿Por qué causa?
15. ¿Considera que al usar el comedor este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación ()	15.1 ¿Por qué causa?
16. ¿Considera que al usar la cocina esta es?:	Muy ventilada () Ventilada () Poco ventilada () Sin ventilación ()	16.1 ¿Por qué causa?
17. ¿Considera que al usar baño principal este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación ()	17.1 ¿Por qué causa?

18. ¿Considera que al usar baño auxiliar este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación ()	18.1 ¿Por qué causa?					
19. ¿Considera que al usar las alcobas estas son?:	Muy ventiladas () Ventiladas () Poco ventiladas () Sin ventilación ()	19.1 ¿Por qué causa?					
20. ¿Considera que al usar el patio de ropa este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación ()	20.1 ¿Por qué causa?					
21. ¿El patio de ropas es cerrado con cubierta o similar?	21.1 ¿Qué material usa para el cerramiento o cubierta? Vidrio () Policarbonato () Teja fibrocemento () Teja translúcida ()	21.2 Medidas del aislamiento posterior (Patio de ropas) Ancho _____ Largo _____ Alto _____					
Sin cubierta _____ Parcialmente _____ Totalmente _____							
22. ¿Alguien del grupo familiar ha presentado problemas de salud por enfermedades respiratorias, causados por la calidad del aire o mala ventilación de la vivienda? Si () No ()	22.1 ¿Cuál?, explicar.						
23. ¿Cómo califica el confort y ventilación de su vivienda? De 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>5</td> </tr> </table>			1	2	3	3	5
1	2	3	3	5			
24. ¿Qué aspecto constructivo le cambiaría a su vivienda y por qué?							
25. Observaciones:							

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos. 2012).

5.6 Características climatológicas de Tunja

La ciudad de Tunja es la capital del departamento de Boyacá y se encuentra a 130 km noreste de la ciudad de Bogotá, está catalogada como la ciudad más segura de Colombia, su altitud media es de 2822 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 13°C y según el DANE (2017) su población urbana es de 187.689 hab.

Figura 5-3: Localización de Tunja.



Fuente: Google Earth.2017

En los años 90's la ciudad de Tunja inicio a tener un crecimiento urbano y poblacional lo que derivó en un crecimiento de la industria de la construcción a partir del año 2005; de acuerdo al periódico EL TIEMPO (2008) "Durante el periodo del 2006 a diciembre del 2007 se iniciaron en Tunja un total de 96.430 metros cuadrados de todo tipo de edificaciones; lo que represento un crecimiento del 26.1% con respecto al mismo periodo del año anterior "

Adelantándonos un poco más en el tiempo observamos que la dinámica de la economía de la ciudad es similar y según el DANE (2015) el crecimiento en infraestructura y la industria de la construcción tuvieron un aumento del PIB del 4% para el año 2014.

Tabla 5-14: Carta climatológica - Tunja

MEDIOS	ENERO	FEBRERO	MAR	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOS	SEP	OCTU	NOVIEM	DICIEM
PREC	14.9	26.8	53.9	77.7	84.6	56.4	44.9	43.1	52	88.9	69.9	31.5
NoDIAS	5	8	13	17	19	18	18	19	17	18	16	9
TMAX	23.6	23.9	25.2	24.4	22.2	20.9	20.6	21.8	23.4	22.3	22.4	23.8
TMIN	0.2	-1.1	2.1	4.4	4.6	2.2	1.8	2.0	1.4	3.2	0.5	-0.3
TM-MAX	19.0	19.4	19.2	18.4	17.3	16.3	16.0	16.4	17.2	17.8	18.1	18.2
TEMP	12.9	13.3	13.6	13.6	13.2	12.4	11.9	12.1	12.5	13	13.2	12.8
TM-MIN	7.1	7.9	8.9	9.6	9.6	9	8.3	8.2	8.1	8.7	8.9	7.7
BRILLO	221.8	186.1	173.3	142.6	140.5	130.8	148.1	150.8	151	152.6	161.6	202.9
EVAP	123.5	115.6	119.8	99.4	88.1	77.6	85.9	91.3	98.6	99.6	94.7	107.6
HUMED	77	75	77	80	82	84	83	82	80	80	80	78

Fuente: <http://bart.ideam.gov.co/cliciu/tunja/tabla.htm>

El clima de la ciudad de Tunja es muy frío- seco y de acuerdo al IDEAM (2017), las características climatológicas son:

El promedio de lluvia total anual es de 645 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. La temporada seca principal se registra en los meses de diciembre, enero y febrero; en los meses de julio y agosto, se registra una temporada seca de menor intensidad. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. En los meses secos de principios y final de año, llueve alrededor de 5 a 10 días/mes; en los meses de mayores lluvias del primero y segundo semestre, así como en la temporada seca de mitad de año, puede llover entre 17 y 19 días/mes.

El sol brilla cerca de 4 horas diarias en los meses lluviosos, pero en los meses secos, la insolación oscila alrededor de las 6 horas diarias/día y la mayor época lluviosa es segundo semestre, los vientos dominantes son Sur – Norte, como lo corrobora la Rosa de los Vientos para Tunja que suministra el IDEAM a una de altura de 8 metros que es la altura en las que se encuentra las viviendas, esta se ubica en un rango de 0.0 m/s a 1.5 m/s como lo observamos en la figura 5-4 y el anexo A.

La carta climatológica de la ciudad de Tunja (Ver Tabla 5-14), la cual tiene datos medidos por la estación de la UPTC, muestra los promedios anuales con respecto a la temperatura en diferentes horas del día y la humedad relativa anual (Ver Tabla 5-15).

Tabla 5-15: Características climatológicas de Tunja.

1. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS DEL LUGAR																														
Ciudad: Tunja		Altitud (msnm): 2822 msnm																												
Rosa de los vientos (vientos predominantes)																														
<div><div><div>IDEAM ROSA DE VIENTOS</div><div><p>RESUMEN DIRECCIONES</p><table><tr><td>N</td><td>0%</td></tr><tr><td>NE</td><td>7%</td></tr><tr><td>E</td><td>5%</td></tr><tr><td>SE</td><td>24%</td></tr><tr><td>S</td><td>37%</td></tr><tr><td>SW</td><td>10%</td></tr><tr><td>W</td><td>7%</td></tr><tr><td>NW</td><td>9%</td></tr><tr><td>Calma</td><td>0%</td></tr></table><p>CONVENCIONES</p><table><tr><td>0.0 - 1.5 m/seg</td></tr><tr><td>1.6 - 3.3 m/seg</td></tr><tr><td>3.4 - 5.4 m/seg</td></tr><tr><td>5.5 - 7.9 m/seg</td></tr><tr><td>8.0 - 10.7 m/seg</td></tr><tr><td>10.8 - 13.6 m/seg</td></tr><tr><td>13.9 - 17.1 m/seg</td></tr><tr><td>>= 17.2 m/seg</td></tr></table></div><div><div>TUNJA - BOYA Promedio Anual (No. Años : 006) (No. Meses: 091)</div><div>Fuente: IDEAM (2018)</div></div></div></div>					N	0%	NE	7%	E	5%	SE	24%	S	37%	SW	10%	W	7%	NW	9%	Calma	0%	0.0 - 1.5 m/seg	1.6 - 3.3 m/seg	3.4 - 5.4 m/seg	5.5 - 7.9 m/seg	8.0 - 10.7 m/seg	10.8 - 13.6 m/seg	13.9 - 17.1 m/seg	>= 17.2 m/seg
N	0%																													
NE	7%																													
E	5%																													
SE	24%																													
S	37%																													
SW	10%																													
W	7%																													
NW	9%																													
Calma	0%																													
0.0 - 1.5 m/seg																														
1.6 - 3.3 m/seg																														
3.4 - 5.4 m/seg																														
5.5 - 7.9 m/seg																														
8.0 - 10.7 m/seg																														
10.8 - 13.6 m/seg																														
13.9 - 17.1 m/seg																														
>= 17.2 m/seg																														
2. Velocidad promedio del viento		3. Dirección de los vientos dominantes																												
0.0 – 1.5 m/seg		Sur = 37 % Sureste = 24%																												
Temperatura anual mínima madrugada °C	Temperatura anual máxima media °C	Temperatura anual mínima media °C	Temperatura anual promedio °C	Humedad relativa %																										
1.75 °C	17.77 °C	8.5 °C	12.87 °C	79.83 %																										

Fuente: Elaboración propia basada en datos del IDEAM (2018)

De las características climatológicas de la ciudad de Tunja, podemos decir que, por el promedio de temperatura se clasifica en un clima frío, pero por los datos de la humedad relativa, la cual es alta comparándola con el promedio NTC 5183 (30% - 60%) y la ASHRAE 62.1- 2007 (65%), cabe la pregunta, ¿La ciudad de Tunja es un clima seco?, además la humedad corrobora la presencia de hongos en las viviendas.

5.6.1 Fuentes contaminantes del del aire exterior de Tunja

En este aparte se analiza las fuentes contaminantes del aire exterior de la ciudad de Tunja, esta se hizo por medio de observación, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a la indicado en la tabla, donde se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple totalmente se dan 30 puntos que sería el 100%.

Tabla 5-16: Fuentes de contaminación del aire exterior

FUENTES DE CONTAMINACION DEL AIRE EXTERIOR					
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts					
Fuente de contaminación	Si	No	No Cumple	Si Cumple	Puntuación
¿Se identifican fuentes fijas de contaminación? (Industrias de toda clase)		X		X	10 pts
¿Se identifican fuentes de móviles de contaminación? (Vehículos, automóviles)	X		X		0 pts
¿Se observan columnas de humo o contaminantes del aire?		x		X	10 pts
				Total	20 pts

Fuente: Autor

Como resultado las fuentes de contaminación dieron un total de 20 pts, para un 66.6% de cumplimiento que al confrontarlo con la tabla y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *bueno*, sin embargo, la contaminación por vehículos se da por lo cerca que pasan de las viviendas.

5.6.2 Análisis del aire exterior de Tunja comparado con la norma ASHRAE 62.1- 2007

Con la siguiente matriz se evalúa y compara la concentración de contaminantes en el aire exterior comparadas con los niveles máximos permitidos por la ASHRAE 62.1-2007 (ver Cuadro 1-1), se aclara que algunos tiempos de exposición no los contiene los informes de calidad del aire de CORPOBOYACA por lo cual se omitirán para una evaluación imparcial, se aclara que la información es de los meses más recientes del año 2018.

Tabla 5-17: Concentración de contaminantes en el aire de la ciudad de Tunja

Contaminante	Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) según ASHRAE 62.1-2007	Tiempo de Exposición	Contaminantes Monitoreados Estación Pírgua (Tunja)	Porcentaje De Concentración	No Cumple	Si Cumple
Material Particulado PM-10	50	Anual				
	150	24 horas	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Junio / 2018	10%		X
Material Particulado PM-2.5	15	Anual				
	65	24 horas	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Junio / 2018	15.38 %		X
SO ₂ Dióxido de Azufre	80	Anual				
	15.2	1 hora	2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - Junio / 2018	15.78 %		X
NO ₂ Dióxido de Nitrógeno	100	Anual				
	200	1 hora				
O ₃ Ozono	100	8 horas	40.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Abril / 2018	40.2 %		X
CO Monóxido de Carbono	10.000	8 horas				
	40.000	1 hora				

Fuente: Autor

De la tabla 5-17, se concluye que la Estación Pírgua no monitorea el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, por lo cual se presenta una falencia en este aspecto, pues no se tienen datos exactos de los niveles de concentración de estos contaminantes.

Así las cosas, se puede decir que los niveles de concentración de los demás contaminantes se mantienen en bajos con respecto a los establecidos por la norma ASHRAE 62.1- 2007, también se observa el porcentaje de concentración de cada contaminante, de lo anterior, lleva a concluir que la calidad del aire exterior en la ciudad de Tunja es *buen*a.

5.7 Caso de estudio: Vivienda Urbanización Estancia del Roble- Tunja

El proyecto Estancia del Roble es un proyecto urbanístico de vivienda de interés social, de estrato 1 y 2, que se gestó a partir del año 2010 bajo la administración de la alcaldía del Arq. Arturo Montejó Niño y su lema “Para Tunja Lo Mejor” y el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, esto debido al déficit de vivienda e índices de pobreza.

El proyecto Estancia del Roble según el Consejo de Tunja (2011) se encuentra ubicado en la Comuna 2 Noroccidental, a 2900 m.s.n.m. aproximadamente, con una extensión de 14

hectáreas, está localizado en una zona residencial cerca de la UPTC y el parque Recreacional del Norte; la urbanización tiene posee los siguientes límites:

- Norte: Barrio Villa Toledo
- Sur: Colegio Normal Nacional Leonor Álvarez Pinzón
- Este: Barrio Los Héroes
- Oeste: Vía a Arcabuco- Monquirá
-

Figura 5-4: Ciudad de Tunja y localización proyecto Estancia del Roble.



Fuente: Google Earth.2018

La propuesta urbanística fue elegida como uno de los mejores proyectos de vivienda de interés social en el 2010, el proyecto propuso 1082 soluciones de vivienda, de las cuales son 122 casas y 960 apartamentos, este proyecto está dividido en tres tipos de unidades de vivienda los cuales son:

- Apartamento Tipo A
- Apartamento Tipo B
- Vivienda Unifamiliar

Los costos económicos de estas unidades residenciales oscilan entre los 22.5 y 28 millones de pesos, los beneficiarios con base en el ahorro programado de 2.5 millones de pesos, un subsidio que les otorgo el gobierno por 11 millones de pesos y un microcrédito a 10 años. Así lograron acceder a esta unidad habitacional, uno de los objetivos es albergar unas 5.000 personas, logrando dignificar las personas, mitigar la pobreza y déficit habitacional.

En entrevista para CM televisión, el que fue Senador y Ministro de Vivienda, Juan Lozano (2010), afirmó, “este proyecto la verdad fue pionero, de este proyecto han aprendido muchas regiones de Colombia, este es un hermoso proyecto, por dignidad por calidad y se está copiando y replicando en otras zonas.”

Figura 5-5: Proyecto Estancia del Roble.



Fuente: Google Earth.2017

5.7.1 Características de la vivienda

La unidad habitacional cuenta con un área de 66 m², consta de 3 alcobas, 1 baño principal, sala, comedor, cocina y un patio de ropas, el sistema constructivo es en mampostería estructural, posee acabados de enchape cerámico en piso y paredes de cocina, baño y

patio de ropa; las alcobas cuentan con pisos y guarda escobas en madera, en las zonas comunes los acabados de piso son en porcelanato de 40 cm x 40 cm en zonas comunes. La mampostería es con ladrillo estructural a la vista sin lacar, los marcos de puertas, ventanas y rejas son en carpintería metálica, la hoja de las puertas principal y lavadero son en lámina calibre 18, las hojas de las puertas internas de alcobas y el baño son en triplex entamorado, por otra la cubierta tiene estructura en madera con teja de fibrocemento.

Las obras de urbanismo, la componen adoquines en los andenes, cesión para zonas verdes y parqueos de acuerdo a la normativa.

Figura 5-6: Vista exterior tipología vivienda Estancia del Roble.



Fuente: Autor

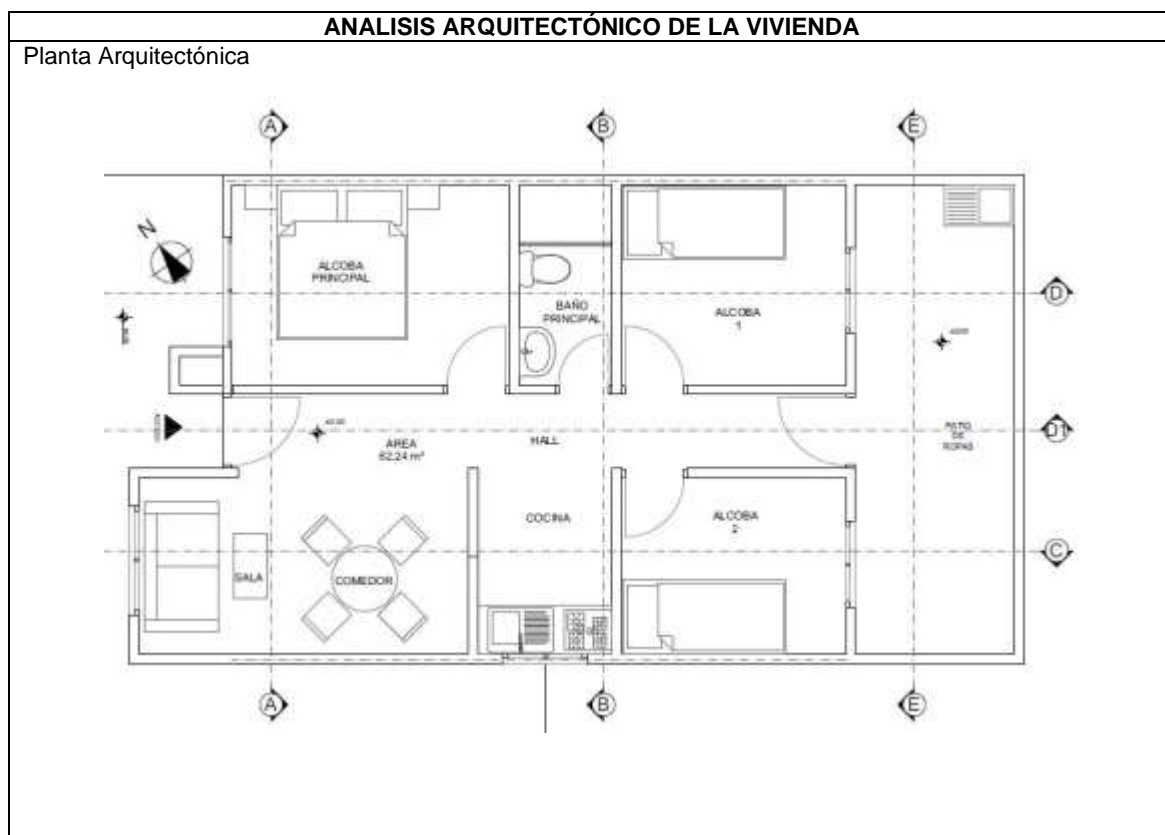
Una de las problemáticas que se presentó fue con respecto a la estratificación, ya que el globo del lote está clasificado como estrato 4, pero se espera que por decreto presidencial se estratifique a estrato 2 por su uso en VIS.

Figura 5-7: Render Vivienda Estancia del Roble.



Fuente: Autor

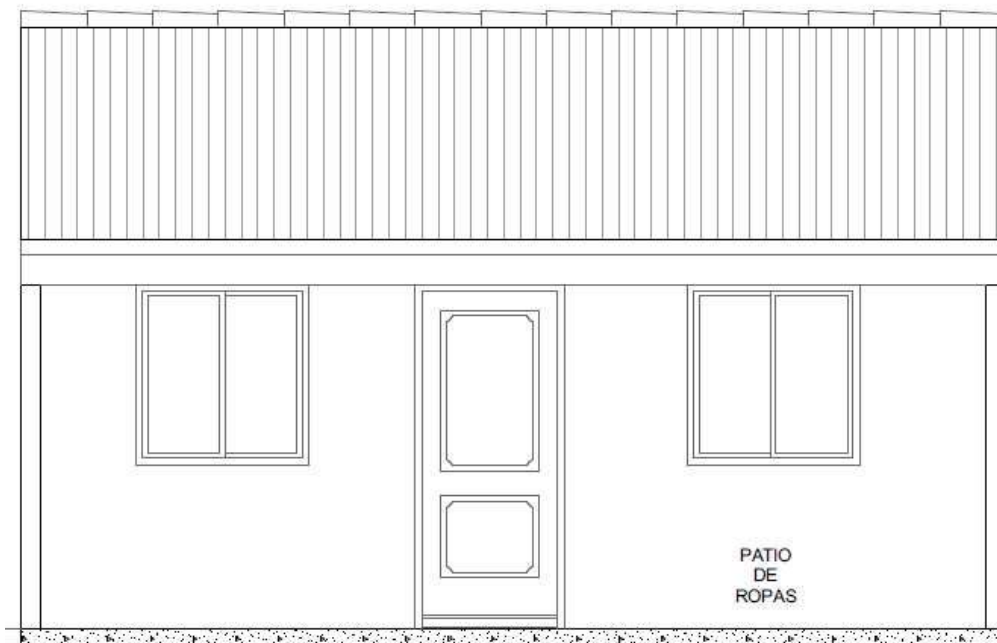
Tabla 5-18: Análisis arquitectónico de la vivienda



Fachada Principal



Fachada Posterior



Corte E-E

Corte Longitudinal



Corte C-C

Corte Transversal



Corte B-B

Área de la vivienda (Construida)	62.24 m ²
Volumen de la vivienda	
Orientación de la vivienda	Oeste - Este

MEDIDAS DE PUERTAS Y VENTANAS								
Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Sala	1.55 m	1.70 m	0.77 m	1.40 m	1.08 m ²	0.90 m	2.10 m	1.89 m ²
Comedor	1.55 m	1.70 m	0.77 m	1.40 m	1.08 m ²	0.90 m	2.10 m	1.89 m ²
Cocina	1.05 m	1.10 m	-	-	-	-	-	-
Baño Principal	-	-	-	-	-	0.70 m	2.10 m	1.47 m ²
Patio de Ropas	-	-	-	-	-	0.90 m	2.10 m	1.89 m ²
Alcoba Principal	1.35 m	1.70 m	0.67 m	1.40 m	0.94 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²
Alcoba 1	1.05 m	1.10 m	1.10 m	0.3 m	0.33 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²
Alcoba 2	1.05 m	1.10 m	1.10 m	0.3 m	0.33 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²

Fuente: Autor

5.7.2 Aplicación Normativa ASHRAE 62.1- 2007 al componente arquitectónico

Con base en la norma ASHRAE 62.1- 2007, la cual recomienda para vanos de ventanas, una distancia no mayor a 8 mt de un muro útil y una abertura efectiva del 4% del área del piso neto ocupable y aplicando la tabla 5-19, evaluamos los aspectos mencionados, donde el sistema de puntuación se hará de acuerdo al número de espacios, empleando una regla de tres para calificarla, para nuestro caso si cumple se califica con cinco (5) puntos, de lo anterior, el 100% serian 80 puntos en total.

Tabla 5-19: Cumplimiento de distancia y tamaño de aberturas en vivienda de Estancia del Roble

DISTANCIA Y TAMAÑO DE LAS ABERTURAS SEGÚN ASHRAE 62.1- 2007					
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 5 pts					
Según la ASHRAE 62.1- 2007, recomienda una distancia no mayor a 8mt de un muro útil y una abertura efectiva del 4% del área del piso neto ocupable.					
Espacio o Recinto	Distancia no mayor 8mt muro útil		Abertura 4% del área del piso ocupable		Puntuación
	No Cumple	Si cumple	No Cumple	Si cumple	
1. Sala		X		X	10 pts
2. Comedor		X		X	10 pts
3. Cocina	X		X		0 pts
4. Patio de Ropas		X		X	10 pts
5. Baño Principal	X		X		0 pts
6. Alcoba Principal		X		X	10 pts
7. Alcoba 1		X		X	10 pts
8. Alcoba 2		x		X	10 pts
				Total	60 pts

Fuente: Autor

Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Baño Principal	Patio de Ropas	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje											
Cocina									X		0 pts											
3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3 Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.																						
Espacio																						
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	Puntaje															
Cocina							0 pts															
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA Puntuación: No posee= 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Preparado = 5 pts. Zona Lavaplatos = 5 pts. Zona de Cocción = 10 pts.																						
No posee abertura	Zona de Preparado		Zona de Lavaplatos		Zona de Cocción		Puntaje															
X							0 pts															
5. REJILLA Calificación: Sin rejilla = 0 pts. Rejilla Inferior = 5 pts. Rejilla Superior = 5 pts.																						
6. TIPO DE VENTILACIÓN Calificación: Sin Ventilación = 0 pts. Indirecta = 5 pts. Directa = 10 pts.																						
Sin Rejilla	Rejilla Inferior	Rejilla Superior		Sin ventilación	Indirecta	Directa																
X					X		5 pts															
						Total	5 pts															

Fuente: Autor

En el ítem 3, de relaciones espaciales de la cocina, podemos observar que esta tiene una relación directa con el baño principal, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado

a que la cocina no tiene una ventilación directa. De un lado la comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no posee una abertura de admisión con ventilación directa del exterior.

La tabla 5-20, califica con una puntuación de 5 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 7.14 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy deficiente*, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, (ver figura 5-8), además no cumple con la rejilla inferior ni superior.

Figura 5-8: Cocina VIS Estancia del Roble



Fuente: Autor

5.7.4 Baño principal

La tabla 5-21, mide diferentes aspectos de ventilación del baño principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan setenta (70) puntos para un total del 100%.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Baño Principal				X			5 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee= 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Ducha = 5 pts.

Fuente: Autor

En el ítem 3, las relaciones espaciales del baño se observan, que este tiene una relación directa con la cocina, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado a que el baño no tiene una ventilación directa.

La comparación de acuerdo a la norma HS3, esta no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción y la puerta sirve como una abertura de doble paso, pero está enfrentada con la cocina.

La tabla 5-21, califica con una puntuación de 5 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 7.14 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy deficiente*, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, (ver figura 5-9), además no cumple con la rejilla inferior ni superior.

Figura 5-9: Puerta baño principal VIS Estancia del Roble

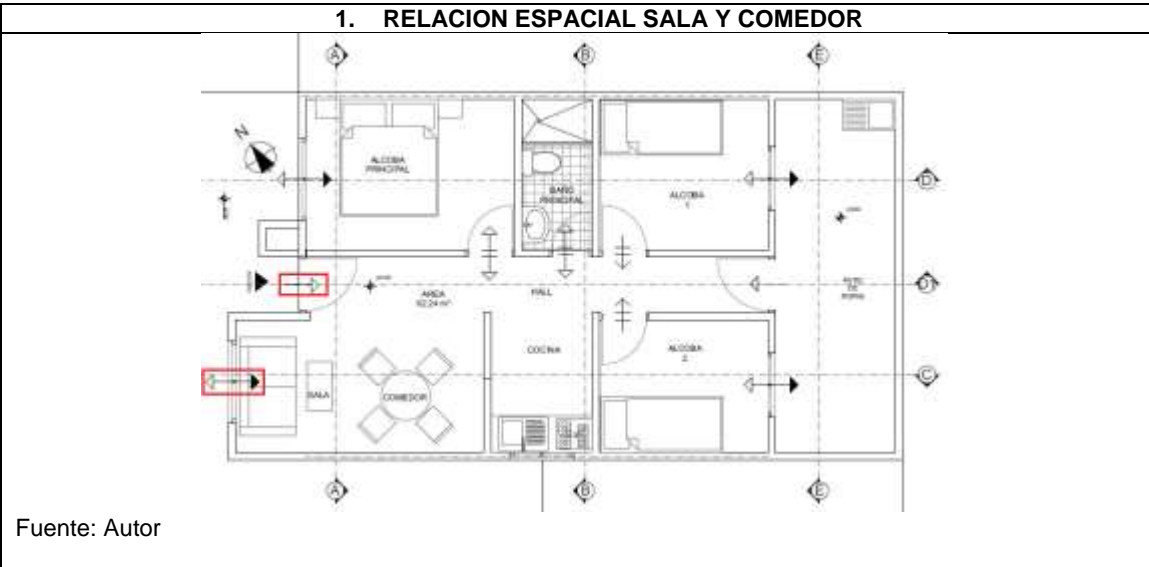


Fuente: Autor

5.7.5 Sala y comedor

Este espacio se tomará como uno solo espacio debido a lo reducido de su área, en la tabla 5-22, se mide los diferentes aspectos de ventilación de la sala y el comedor, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.





Tabla 5-22: Evaluación Ventilación Sala y Comedor










Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Sala y comedor	1.55 m	1.70 m	0.77 m	1.40 m	1.08 m ²	0.90 m	2.10 m	1.89 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts




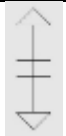
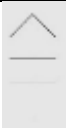

Mucha Relación=  **Relación Media =**  **Poca Relación =**  **Ninguna Relación =** 

Espacio o Recinto	Acceso	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Sala y Comedor									X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Sala y Comedor	X	X					20 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
		X	10 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	
		X	10 pts
		Total	50 pts

En el ítem de relaciones espaciales de la sala y comedor, podemos observar que este tiene una relación directa con la cocina, lo cual por diseño y función está bien, sin embargo, la relación directa con la alcoba en diseño no le aporta privacidad.

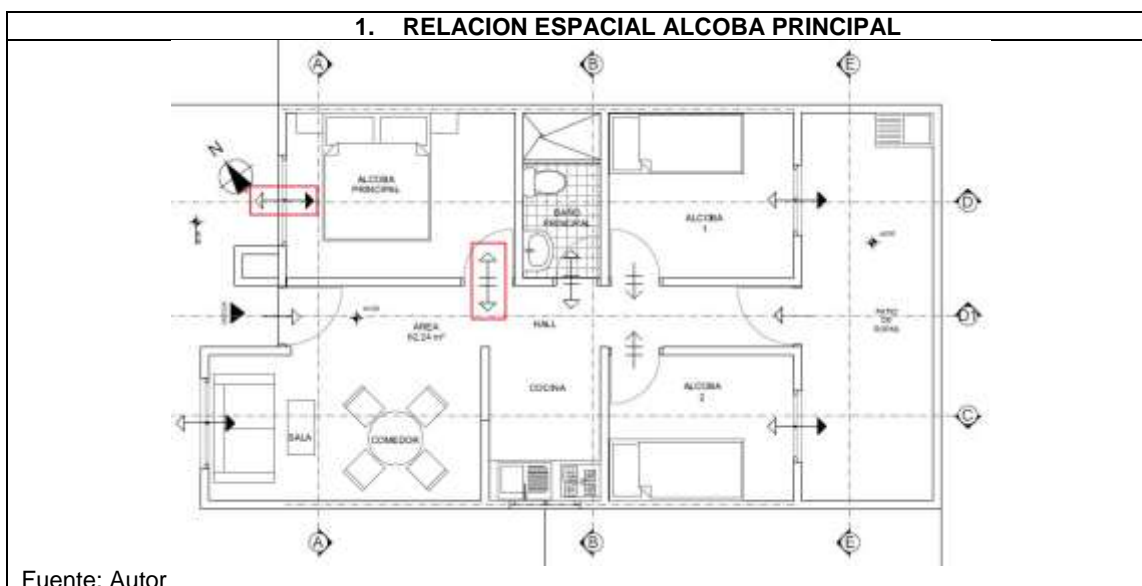
Ahora, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de admisión, logrando una buena ventilación la sala y el comedor, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.

La tabla 5-22, evalúa con una puntuación de 40 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 90.90 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es Excelente, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.

5.7.6 Alcoba principal

La tabla 5-23, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%, se aclara que el ítem de rejillas no se tiene en cuenta ya que las normas comparadas.





Tabla 5-23: Evaluación Ventilación Alcoba Principal











Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Alcoba Principal	1.35 m	1.70 m	0.67 m	1.40 m	0.94 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts





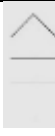

Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 

Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba Principal									X		0 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba Principal	X			X			15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
		X	10 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	
		X	10 pts
		Total	35 pts

Las relaciones espaciales de la alcoba principal, podemos analizar que esta tiene una relación directa con la cocina y el comedor, lo cual por diseño no debiera ser así, ya que los contaminantes de la cocina pasarían a la alcoba.

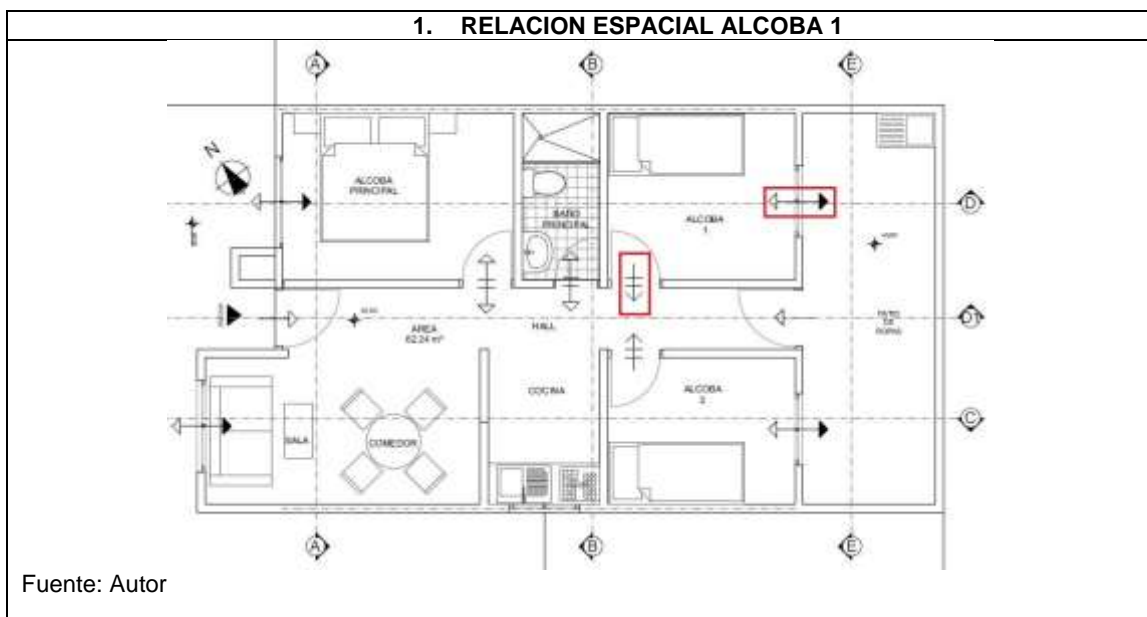
Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de doble paso, logrando una buena ventilación la alcoba a pesar de estar enfrentada con la cocina.

La tabla 5-23, evalúa con una puntuación de 30 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 63.63 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Buena*, la evaluación baja un poco a la relación directa que tiene con la cocina.

5.7.7 Alcoba 1

La tabla 5-24, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba 1, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.





Tabla 5-24: Evaluación Ventilación Alcoba 1











Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Alcoba 1	1.05 m	1.10 m	1.10 m	0.3 m	0.33 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts


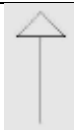




Mucha Relación=  **Relación Media =**  **Poca Relación =**  **Ninguna Relación =** 

Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba Principal	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba 1										X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba 1	X			X			15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
	X		0 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	
X			0 pts
		Total	25 pts

Fuente: Autor

Las relaciones espaciales de alcoba 1, observamos que este tiene una relación directa con el patio de ropas, lo cual por diseño y función es correcto, pero al estar cubierto el patio no hay ningún tipo de ventilación.

Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de doble paso, para lograr una buena ventilación de la alcoba1, por estar enfrentada con el patio de ropas.

La tabla 5-24, evalúa con una puntuación de 25 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 45.45 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Regular*, a pesar que cumple con la relación de espacios y la norma HS3, esto consecuencia de que el patio se encuentra cubierto.

5.7.8 Alcoba 2

La tabla 5-25, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba 2, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%, se aclara que el ítem de rejillas no se tiene en cuenta ya que las normas comparadas.





Tabla 5-25: Evaluación Ventilación Alcoba 2











Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Alcoba 2	1.05 m	1.10 m	1.10 m	0.3 m	0.33 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts







Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 

Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba Principal	Alcoba 1	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba 2										X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba 2	X			X			15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
	X		0 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	Puntaje
X			0 pts
		Total	25 pts

En el ítem de las relaciones espaciales de alcoba 1, observamos que esta tiene una relación directa con el patio de ropas, lo cual por diseño y función es correcto, pero al estar cubierto el patio no hay ningún tipo de ventilación.

Puede decirse, que la comparación de acuerdo con la norma HS3 se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de doble paso, logrando una buena ventilación de la alcoba1, por estar enfrentada con el patio de ropas.

La tabla 5-25, evalúa con una puntuación de 25 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 45.45 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Regular*, a pesar que cumple con la relación de espacios y la norma HS3, esto consecuencia de que el patio se encuentra cubierto.

5.7.9 Patio de ropas

El patio de ropas se debe ventilar directamente y tener unas medidas mínimas en área de 9m², así mismo, se debe observar si está cubierto totalmente, parcialmente o sin cubrir. De otro lado, el cuadro comparativo que se realizó, nos ayuda a evaluar la eficiencia de la ventilación en el patio, el sistema de valoración se hará de acuerdo con el área y los cerramientos de la cubierta, donde se aplicara la regla de tres para calificarla, para este caso cuando cumple se dan 20 puntos para en total del 100%.

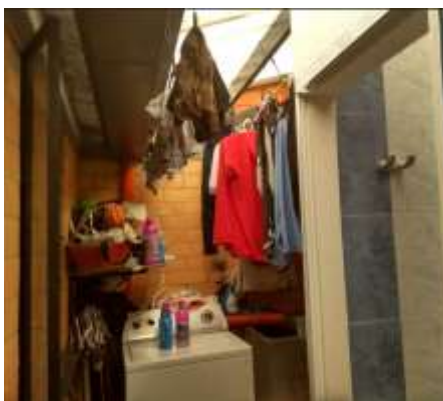
Tabla 5-26: Evaluación ventilación patio de ropas Estancia del Roble

PATIO DE ROPAS						
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Área mínima = 9 m ² Calificación: No Cumple: 5 pts Si Cumple= 10 pts						
Largo	Ancho	Alto	Área m ²	No Cumple	Si Cumple	Calificación
1.92 m	5.76 m	2.3 m	11.05 m ²		10	10
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Calificación: Cubierto Totalmente = 0 pts Sin Cubrir= 5 pts Cubierto Parcialmente = 10 pts						
Cubierto Totalmente		Sin Cubrir		Cubierto Parcialmente		Calificación
x						0 pts
				Total		20 pts

Fuente: Autor

La zona de patio de ropas se califica con una puntuación de 10 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 50 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Regular*, la valoración se ve afectada porque el patio fue cubierto.

Figura 5-10: Patio de ropas casa Estancia del Roble



Fuente: Autor

5.7.10 Grado de desempeño de la vivienda

En la tabla 5-27, se hace un promedio por espacio para medir el grado de desempeño de la vivienda, esto de acuerdo al análisis que se hizo con base en la norma HS3 y otros parámetros cualitativos, de lo anterior, obtendremos un resultado en el cumplimiento de calidad del aire interior de la vivienda desde el diseño y confort.

Tabla 5-27: Grado desempeño de la vivienda

GRADO DE DESEMPEÑO DE LA VIVIENDA		
Espacio o Recinto	Grado de Cumplimiento	Rango de porcentaje
Sala y Comedor	Excelente	90.90%
Cocina	Muy deficiente	7.14 %
Patio de Ropas	Regular	50 %
Baño Principal	Muy deficiente	7.14%
Alcoba Principal	Buena	63.63 %
Alcoba 1	Regular	45.45 %
Alcoba 2	Regular	45.45 %
	Total	309.71 /7
Casa Estancia del Roble	Regular	44.24 %

Como conclusión, la vivienda de la urbanización Estancia del Roble, tiene una calificación *Regular* en el grado de desempeño (Ver Tabla 5-5), esto se debe a que el baño auxiliar, la cocina y el patio de ropas y el baño principal no tiene unos ductos o ventanas de ventilación directa, sumado a que el patio de ropas se cubrió totalmente, todas estas variables afectan la calidad del aire de la vivienda desde el diseño arquitectónico.

5.7.11 Consolidados de las encuestas

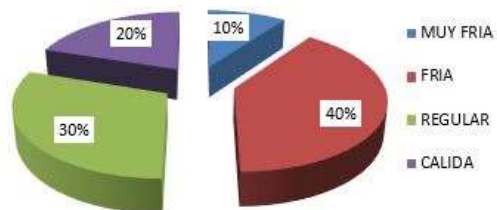
Los consolidados describen los ítems de las encuestas (Ver anexo H), para evaluar el comportamiento de la ventilación en las viviendas de la urbanización Estancia del Roble, esto visto desde los usuarios, quienes son los que habitan estos espacios a diario.

En la tabla 5-12 se identifican la muestra de estudio, quienes son los que componen la familia y en la tabla 5-13 se realiza una encuesta a los usuarios para determinar el comportamiento de la vivienda a nivel de confort y ventilación, complementando el diseño metodológico y aportara conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

▪ Ítem 7: ¿Para las actividades que realiza en la vivienda, la temperatura es?

La temperatura en la gran mayoría de viviendas es fría, esto consecuencia de la infiltración de aire en marcos de ventanas y en la cubierta.

Figura 5-11: Temperatura de la vivienda

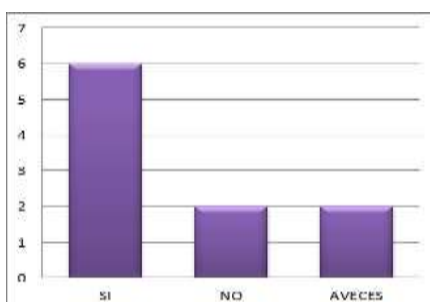


Fuente: Autor

- **Ítem 8: ¿Ha detectado condensación de vapor de agua en la vivienda?**

La condensación está presente en casi todas las viviendas y se detecta más que todo en las alcobas, en las horas de la madrugada y en el día se presenta en la cocina a la hora de la preparación de alimentos.

Figura 5-12: Condensación de vapor de agua

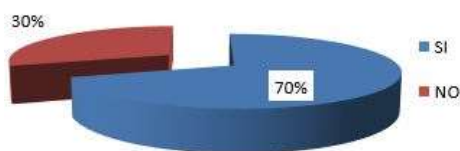


Fuente: Autor

- **Ítem 9: ¿Ha detectado humedades en la vivienda?**

Se detecta humedades en las viviendas en paredes, canales y techos; esto debido a la mala instalación de las cubiertas y empates.

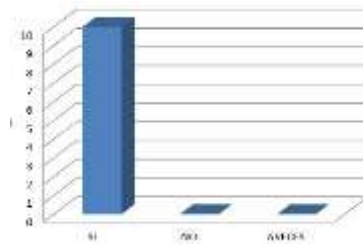
Figura 5-13: Humedad en la vivienda



Fuente: Autor

- **Ítem 10: ¿Ha detectado infiltraciones de aire indeseado en la vivienda?**

Los usuarios manifestaron, infiltración de aire por marcos de las ventanas y la cubierta, esto resulta molesto en las horas de la noche y en consecuencia baja la temperatura de las alcobas.

Figura 5-14: Infiltración de aire

Fuente: Autor

▪ **Ítem 11: ¿Considera que su vivienda acumula malos olores o gases?**

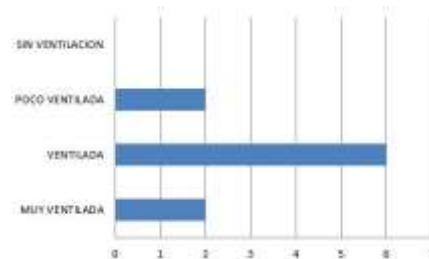
Los usuarios expresan que estos se presentan en el baño, ya que se devuelven olores, lo mismo en la cocina ya que esta se encuentra ubicada al frente del baño.

Figura 5-15: Acumulación de olores y gases

Fuente: Autor

▪ **Ítem 12: ¿A nivel general, la ventilación de su vivienda es?**

Los resultados arrojaron que se encuentra en general ventilada, debido a que la ventilación de los espacios como alcobas y la sala es directa.

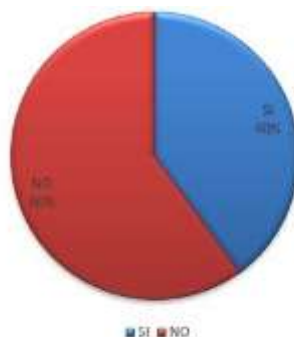
Figura 5-16: Ventilación general de la vivienda

Fuente: Autor

- **Ítem 22: ¿Alguien del grupo familiar ha presentado problemas de salud por enfermedades respiratorias, causados por la calidad o situación de la vivienda?**

Hubo 4 familia que contesto si, manifestando problemas respiratorios de tos y gripa, debido al frio que se infiltra por la cubierta de la vivienda y marcos de ventanas.

Figura 5-17: Enfermedades respiratorias

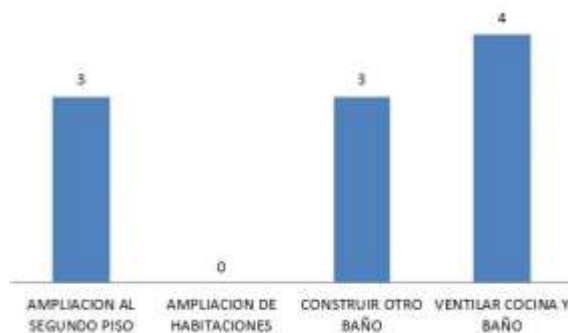


Fuente: Autor

- **Ítem 24: ¿Qué aspecto constructivo le cambiaría a su vivienda y por qué?**

Expresan los dueños, su deseo de ampliar a segundo piso, ampliar habitaciones, adicionar un baño más y ventilar la cocina.

Figura 5-18: Cambio de aspecto constructivo

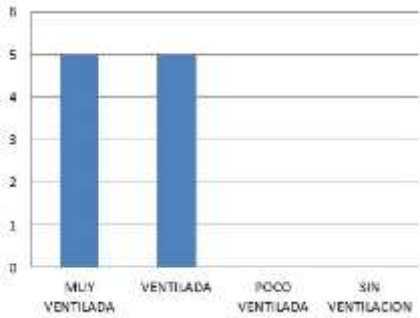
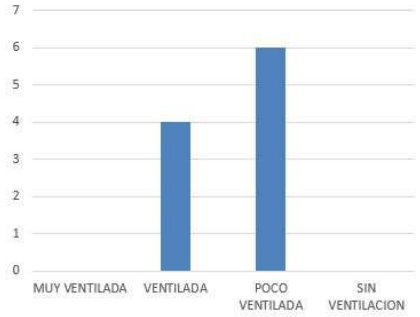
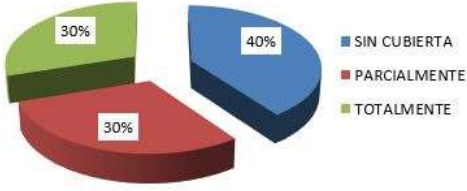


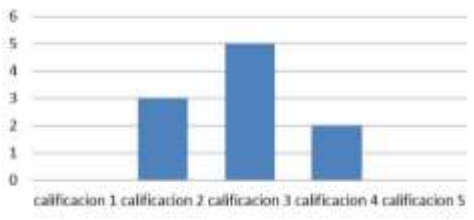
Fuente: Autor

5.7.12 Cuadro comparativo ventilación vivienda Estancia del Roble

Cuadro 5-1: Cuadro comparativo ventilación vivienda Estancia del Roble

Espacio / Resultado	Aplicación matriz a la vivienda	Encuesta a los usuarios
Sala y Comedor	<p>Este espacio se toma como uno solo, debido a lo reducido de su área, la relación espacial es directa con la cocina, funcionando bien, pero la relación con la alcoba principal no está bien.</p> <p>Respecto a la norma HS3, esta se cumple, ya posee una abertura mixta y una abertura de admisión.</p> <p>La calificación es de 90.90 % y su grado de desempeño es <i>Excelente</i>, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>El usuario expresa, que la sala ventila bien ya que la ventana y puerta principal da hacia calle.</p>
Cocina	<p>En las relaciones espaciales de la cocina, podemos observar que esta tiene una relación directa con el baño principal, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado a que la cocina no tiene una ventilación directa.</p> <p>De acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no posee una abertura de admisión con ventilación directa del exterior.</p> <p>La calificación es 7.14 % y su grado de desempeño es <i>Muy deficiente</i>, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, además, no cumple con la rejilla inferior ni superior.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Mencionan los residentes, que la cocina en las casas medianeras no tiene ventilación y en las casas esquineras tienen una ventana, pero esta sellada.</p>
Baño Principal	<p>En la relación espaciales del baño se observa, que este tiene una relación directa con la cocina, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado a que el baño no tiene una ventilación directa.</p> <p>La norma HS3, esta no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción y la puerta sirve como una abertura de doble paso, pero está enfrentada con la cocina.</p>	 <p>Fuente: Autor</p>

	Se califica con una puntuación de 7.14 % y su grado de desempeño es <i>Muy deficiente</i> , no cumple con la rejilla inferior ni superior.	Los ocupantes manifiestan, que existen malos olores en los baños, por el poco desnivel de las cañerías, además no tiene una ventana o claraboya de ventilación.
Alcoba Principal	<p>La relación espacial de la alcoba principal, tiene una relación directa con la cocina y el comedor, lo cual por diseño no debiera ser así, ya que los contaminantes de la cocina pasarían a la alcoba.</p> <p>La comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de doble paso.</p> <p>Se califica con una puntuación de 63.63 % y su grado de desempeño es <i>Buena</i>.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios consideran la alcoba principal ventilada, pero se quejan debido a la filtración de aire por ventanas y techo.</p>
Alcoba 1 y 2	<p>Las relaciones espaciales de alcoba 1, observamos que este tiene una relación directa con el patio de ropas, lo cual por diseño y función es correcto, pero al estar cubierto el patio no hay ningún tipo de ventilación.</p> <p>Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura mixta y una abertura de doble paso.</p> <p>Se califica con una puntuación de 45.45 % y su grado de desempeño es <i>Regular</i>, a pesar que cumple con la relación de espacios y la norma HS3, esto consecuencia de que el patio se encuentra cubierto.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios tienen quejas debido a la filtración de aire por el techo, pero consideran ventilada la alcoba principal</p>
Patio de Ropas	La zona de patio de ropas se califica con una puntuación de 10 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 50 % y su grado de desempeño es <i>Regular</i> , la valoración se ve afectada porque el patio fue cubierto.	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios prefieren cerrar totalmente el patio por el confort termico y la seguridad.</p>

<p>Ítem 23: ¿Cómo califica el confort y ventilación de su vivienda?</p>	<p>En el grado de desempeño, la vivienda obtuvo una calificación <i>Regular</i>, con un 44.24% de rendimiento en su ventilación</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Para el ítem en mención su calificación en una escala de 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno, como resultado la gran mayoría la califico en 3, clasificándose en regular.</p>
--	---	---

Fuente: Autor

En el cuadro 5-1, observamos la comparación de la aplicación de la matriz a la vivienda y las encuestas a los usuarios con respecto a la ventilación, el confort, la condensación, malos olores, humedades, temperatura y calidad aceptable del aire interior en la vivienda y su calificación cualitativa desde el diseño de la misma.

La VIS de Estancia del Roble, obtuvo una calificación *regular* con la aplicación de la matriz, así mismo, en la calificación que dieron los usuarios se obtuvo una calificación *regular*, esta última fue subjetiva ya que las personas lo evalúan desde el confort térmico.

5.8 Caso de estudio: Vivienda Urbanización Ciudadela Sol de Oriente- Tunja

La urbanización Ciudadela Sol de Oriente, es un proyecto de vivienda social que consta de 132 soluciones de estrato 1 que consta de tres modelos de unidades (A, B y C), lo ejecuto la sociedad promotora "Provisocial Limitada" en el año de 2006, con unas medidas de lotes de 5.50 metros de frente por 9.50 metros de fondo y un área de 52.25 m², el acceso se realiza por vía peatonal.

La Ciudadela Sol de oriente, se encuentra ubicado en la Comuna 8 sureste, a 2850 m.s.n.m. aproximadamente, está localizado en una zona residencial cerca al Parque

Multicentenario y la Licorera de Boyacá; la urbanización tiene posee los siguientes límites:
Norte: Villa Bachué, Sur: Urbanización Antonia Santos, Este: Barrio Coorservicios y Oeste:
Rio Jordán

Figura 5-19: Localización Ciudadela Sol de Oriente



Fuente: Google Earth.2018

Los costos económicos de estas unidades residenciales fueron de 26 millones de pesos, los beneficiarios se escogieron en base a un ahorro programado, además un subsidio que les otorga el gobierno nacional y departamental, de esta manera lograron acceder a este proyecto.

Figura 5-20: Proyecto Ciudadela Sol de Oriente



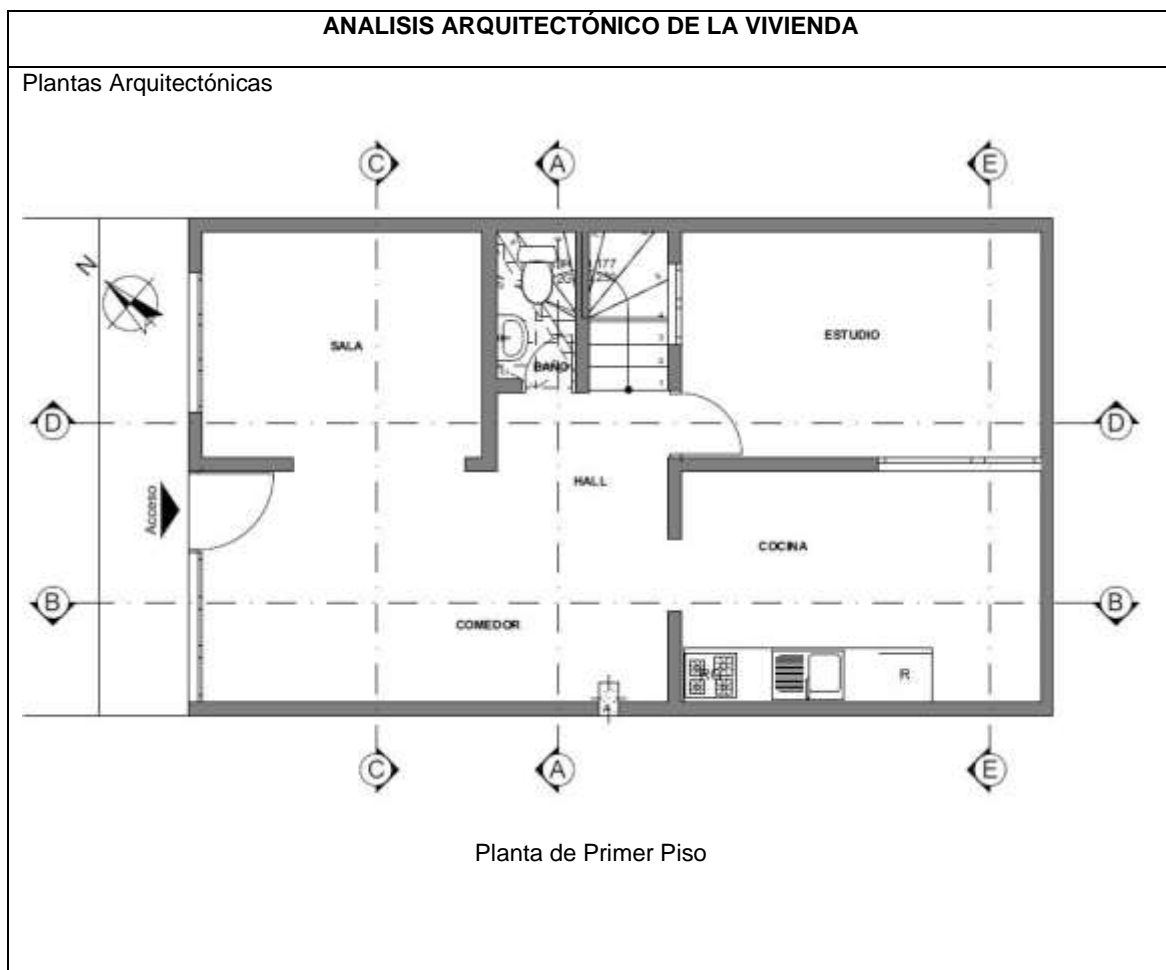
Fuente: Google Earth. 2018

5.8.1 Características de la vivienda

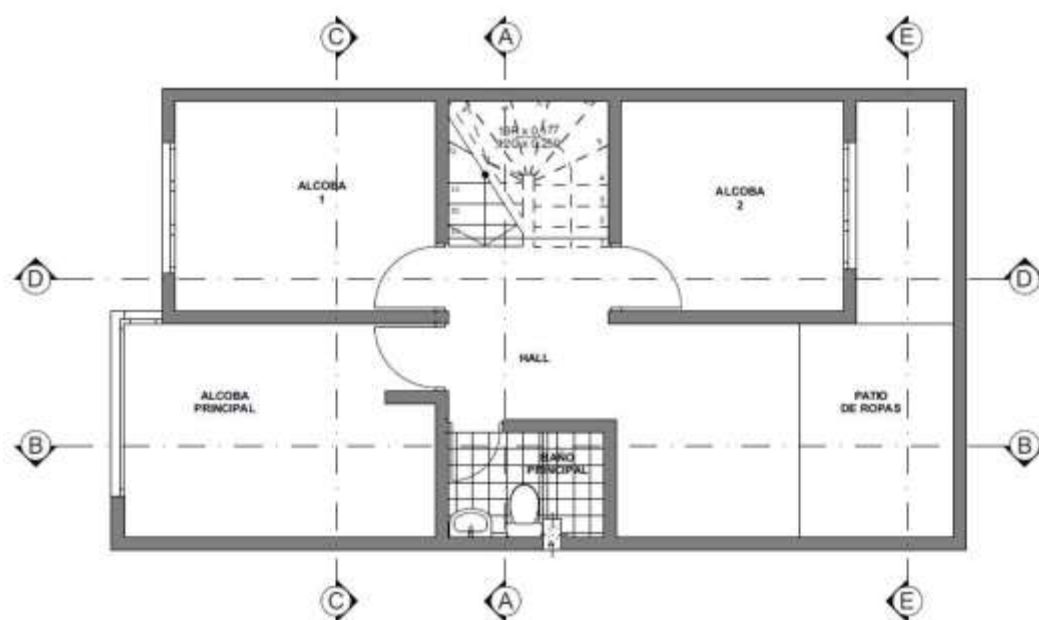
La unidad básica habitacional posee un área de 52.25 m², consta de 2 alcobas, 1 baño principal, sala, comedor, cocina y un patio de ropas, el sistema constructivo es aporticado, posee acabados de enchape cerámico en piso y paredes de cocina, baño y patio de ropa; los pisos de alcobas, son en cerámica.

La mampostería es en ladrillo tolete, pañete, estuco y pintura, los marcos de puertas, ventanas y rejas son en carpintería metálica, la hoja de las puertas principal y lavadero son en lámina calibre 18, las hojas de las puertas internas de alcobas y el baño son en triplex entamorado, la cubierta es en estructura en madera con teja de fibrocemento.

Tabla 5-28: Análisis arquitectónico de la vivienda

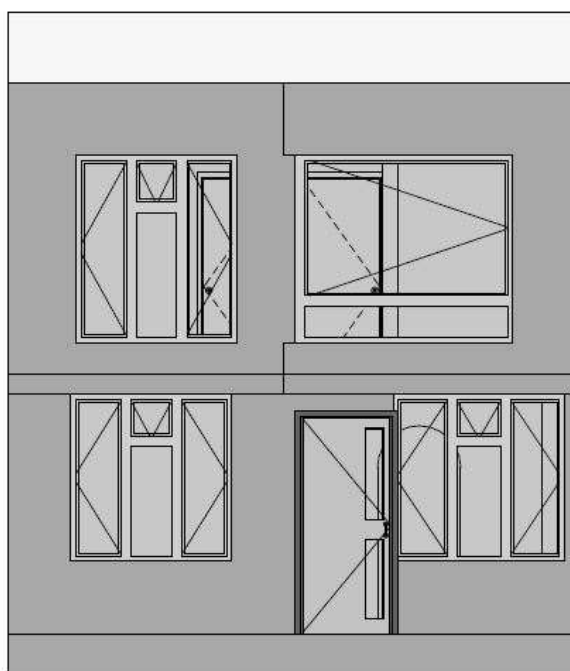


Plantas Arquitectónicas

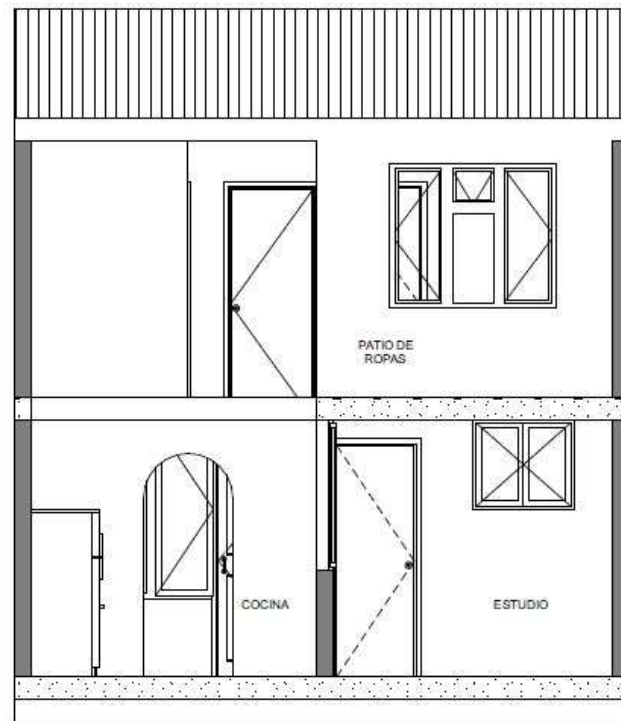


Planta Segundo Piso

Fachada Principal

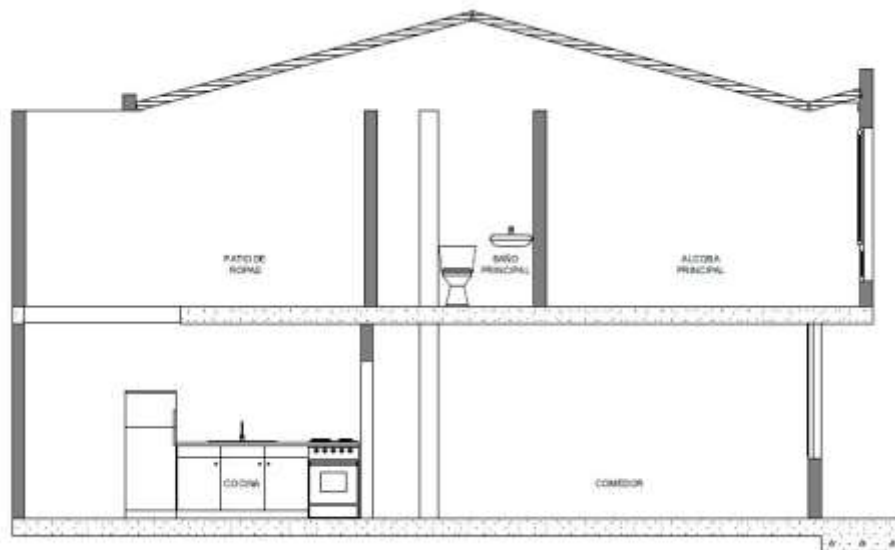


Fachada Posterior



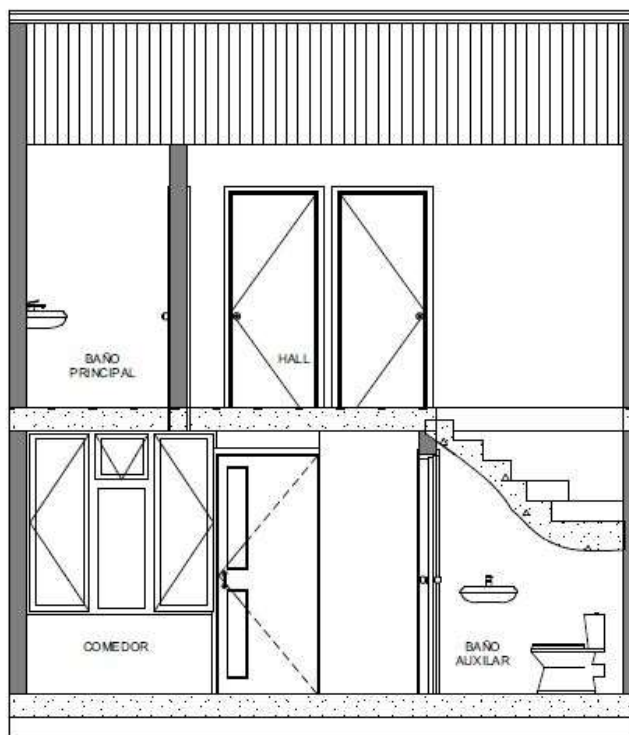
Corte E-E

Corte Longitudinal



Corte B-B

Corte Transversal



Corte A-A

Área de la vivienda				106.4 m ²				
Volumen de la vivienda								
Orientación de la vivienda				Oeste- Este				
MEDIDAS DE PUERTAS Y VENTANAS								
Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Sala	1.55 m	1.60 m	0.3 m	0.6 m	0.18 m ²	1.0 m	2.10 m	2.10 m ²
Comedor	1.60 m	1.60 m	0.3 m	0.6 m	0.18 m ²	-	-	
Cocina	-	-	-	-	-	0.80	2.30 m	1.84 m ²
Patio de Ropas	-	-	-	-	-	1.15 m	2.30 m	2.64 m ²
Baño Auxiliar	-	-	-	-	-	0.60 m	2.10 m	1.26 m ²
Estudio	1.80 m	1.35 m	0.3 m	1.35 m	0.40 m ²	0.75 m	2.10 m	1.57 m ²
Alcoba Principal	2.80 m	1.80 m	0.3 m	1.5 m	0.45 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²
Baño Principal	-	-	-	-	-	0.65 m	2.10 m	1.36 m ²
Alcoba 1	1.60 m	1.80 m	0.3 m	1.5 m	0.45 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²
Alcoba 2	1.50 m	1.30 m	0.3 m	0.6 m	0.18 m ²	0.80 m	2.10 m	1.68 m ²

Fuente: Autor

5.8.2 Aplicación Normativa ASHRAE 62.1- 2007 al componente arquitectónico



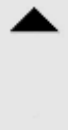



Con base en la norma ASHRAE 62.1- 2007, la cual recomienda para vanos de ventanas, una distancia no mayor a 8 mt de un muro útil y una abertura efectiva del 4% del área del piso neto ocupable y aplicando la tabla 5-29, evaluamos los aspectos mencionados, donde el sistema de puntuación se hará de acuerdo al número de espacios, empleando una regla de tres para calificarla, para nuestro caso si cumple se califica con cinco (5) puntos, de lo anterior, el 100% serian 100 puntos en total.

Tabla 5-29: Cumplimiento de distancia y tamaño de aberturas en la vivienda de Ciudadela Sol de Oriente

DISTANCIA Y TAMAÑO DE LAS ABERTURAS SEGÚN ASHRAE 62.1- 2007					
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 5 pts					
Según la norma ASHRAE 62.1- 2007, recomienda una distancia no mayor a 8mt de un muro útil y una apertura del 4% del área del piso neto ocupable.					
Espacio o Recinto	Distancia no mayor 8mt muro útil		Abertura 4% del área del piso ocupable		Puntuación
	No Cumple	Si cumple	No Cumple	Si cumple	
1. Sala		X		X	10 pts
2. Comedor		X		X	10 pts
3. Cocina	X		X		0 pts
4. Patio de Ropas	X		X		0 pts
5. Baño Auxiliar	X		X		0 pts
6. Alcoba Principal		X		X	10 pts
7. Baño Principal	X		X		0 pts
8. Alcoba 1		X		X	10 pts
9. Alcoba 2		X		X	10 pts
10. Estudio		X		X	10 pts
				Total	60 pts

Fuente: Autor

Este aspecto se califica con una puntuación de 60 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 60 % y su valoración de acuerdo a la Tabla 5-5 es de un grado de cumplimiento *Regular* respecto a las distancias y aberturas de la norma ASHRAE 62.1- 2007.

Espacio							Puntaje						
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción							
Cocina					X		5 pts						
3. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA Puntuación: No posee= 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Preparado = 5 pts. Zona Lavaplatos = 5 pts. Zona de Cocción = 10 pts.													
No posee abertura	Zona de Preparación		Zona de Lavaplatos		Zona de Cocción		Puntaje						
X							0 pts						
4. REJILLA Calificación: Sin rejilla = 0 pts. Rejilla Inferior= 5 pts. Rejilla Superior = 5 pts.													
5. TIPO DE VENTILACIÓN Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.													
Sin Rejilla	Rejilla Inferior	Rejilla Superior	Sin ventilación	Indirecta	Directa								
X				X			5 pts						
					Total		10 pts						

Fuente: Autor

En el ítem la relación espacial de la cocina, podemos observar que este tiene una relación directa con el comedor, lo cual por diseño y confort funciona, de un lado la comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no posee una ventilación directa o un conducto de extracción.

La tabla 5-30, califica con una puntuación de 10 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 7.14 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy deficiente*, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, (ver figura 5-23), además no cumple con la rejilla inferior ni superior.

Figura 5-21: Obstrucción de ventilación directa en cocina













Fuente: Autor


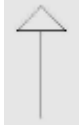
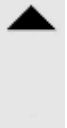



5.8.4 Baño auxiliar

La tabla 5-31, mide diferentes aspectos de ventilación del baño principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan setenta (70) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-31: Evaluación ventilación baño auxiliar

1. RELACION ESPACIAL BAÑO AUXILIAR								
Fuente: Autor								
Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Baño Auxiliar	-	-	-	-	-	0.60 m	2.10 m	1.26 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES											
Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 											
Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Estudio	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Baño Auxiliar									X		0 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3							
Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.							
Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Baño Auxiliar					X		5 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA					
Puntuación: No posee= 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Ducha = 5 pts. Zona Lavamanos = 5 pts. Zona de Inodoro = 10 pts.					
No posee abertura	Dintel de la Puerta	Zona de Ducha	Zona de Lavamanos	Zona de Inodoro	Puntaje
X					0 pts

5. REJILLA			6. TIPO DE VENTILACIÓN		
Calificación: Sin rejilla = 0 pts. Rejilla Inferior= 5 pts. Rejilla Superior = 5 pts.			Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.		
Sin Rejilla	Rejilla Inferior	Rejilla Superior	Sin ventilación	Indirecta	Directa
X			X		
					Total
					5 pts

Fuente: Autor

En el ítem, la relación espacial del baño auxiliar, se observa que este tiene una relación directa con el comedor, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado a que el baño no tiene una ventilación directa.

La comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción y la puerta sirve como una abertura de doble paso, pero está enfrentada con la cocina.

La tabla 5-31, califica con una puntuación de 5 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 7.14 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy deficiente*, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, (ver figura 5-24), además no cumple con la rejilla inferior ni superior.

Figura 5-22: Puerta baño auxiliar VIS Ciudadela Sol de Oriente



Fuente: Autor

5.8.5 Sala

En la tabla 5-32, se mide los diferentes aspectos de ventilación de la sala, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-32: Evaluación ventilación de la sala

1. RELACION ESPACIAL SALA

Fuente: Autor

Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Sala	1.55 m	1.60 m	0.3 m	0.6 m	0.18 m ²	1.0 m	2.10 m	2.10 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple = 10 pts

Mucha Relación = ◆ **Relación Media =** ◆ **Poca Relación =** ◆ **Ninguna Relación =** ◆

Espacio o Recinto	Acceso	Comedor	Cocina	Baño Auxiliar	Estudio	Alcoba Principal	Alcoba 1	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Sala	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta = 10 pts Abertura Admisión = 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Sala		X		X			15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA			
Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.			
No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
		X	10 pts
5. TIPO DE VENTILACIÓN			
Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.			
Sin ventilación	Indirecta	Directa	
		X	10 pts
Total			45 pts

Fuente: Autor

En el ítem 3, las relaciones espaciales de la sala, podemos observar que este tiene una relación directa con el comedor, lo cual por diseño y función es correcto.

Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura de doble paso, logrando una buena ventilación en la sala, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.

La tabla 5-32, evalúa con una puntuación de 45 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy Buena*, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.

5.8.6 Comedor

En la tabla 5-33, se mide los diferentes aspectos de ventilación de la sala, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-33: Evaluación Ventilación Comedor

1. RELACION ESPACIAL COMEDOR

Fuente: Autor

Espacio o Recinto

Ventana

Abertura Efectiva Ventana

Puerta

Ancho

Alto

Ancho

Alto

Área

Ancho

Alto

Área

Comedor

1.60 m

1.60 m

0.3 m

0.6 m

0.18 m²

-

-

-

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts

Mucha Relación=

Relación Media =

Poca Relación =

Ninguna Relación =

Espacio o Recinto

Acceso

Sala

Cocina

Baño Auxiliar

Estudio

Alcoba Principal

Alcoba 1

No Cumple

Si Cumple

Puntaje

Comedor

X

10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio

Puntaje

Abertura Mixta

Abertura Admisión

Abertura Extracción

Abertura Doble Paso

Abertura de Paso

Conducto Extracción

Sala y Comedor	X	X					15 pts
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA							
Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.							
No posee abertura		Muro Interno		Muro Externo		Puntaje	
				X		10 pts	
5. TIPO DE VENTILACIÓN							
Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.							
Sin ventilación		Indirecta		Directa			
				X		10 pts	
				Total		45 pts	

Fuente: Autor


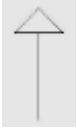




En el ítem, la relación espacial del comedor, podemos observar que este tiene una relación directa con la sala y la cocina, lo cual por diseño y función es correcto.

Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura mixta, logrando una buena ventilación en la sala, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.

La tabla 5-33, evalúa con una puntuación de 45 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy Buena*, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.

5.8.7 Estudio

En la tabla 5-34, se mide los diferentes aspectos de ventilación del estudio, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Estudio					X		5 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
	X		5 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	
	X		5 pts
Total			15 pts

Fuente: Autor

En el ítem de relación espaciales del comedor, podemos observar que este tiene una relación directa con la sala y la cocina, lo cual por diseño y función es correcto.

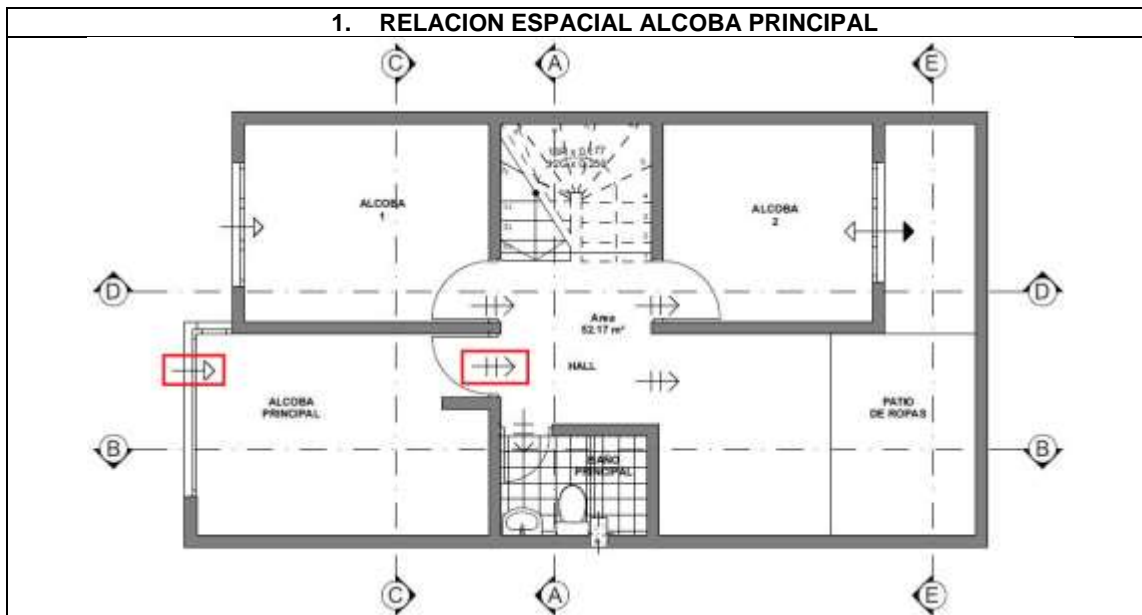
Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura mixta, logrando una buena ventilación en la sala, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.

La tabla 5-34, evalúa con una puntuación de 15 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 27.2 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Deficiente*, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.

5.8.8 Alcoba principal

La tabla 5-35, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-35: Evaluación Ventilación Alcoba Principal










Fuente: Autor

[illegible]

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts


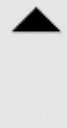

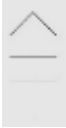

Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 

Espacio o Recinto	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba Principal									×	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba Principal		X			X		15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA			
Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.			
No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
		X	10 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN			
Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.			
Sin ventilación	Indirecta	Directa	
		X	10 pts
		Total	45 pts

Fuente: Autor

En el ítem de relaciones espaciales alcoba principal, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba 1 y la alcoba 2, lo cual por diseño funciona.

Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación.

La tabla 5-35, evalúa con una puntuación de 45 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy Buena*.

5.8.9 Alcoba 1

La tabla 5-36, mide diferentes aspectos de ventilación de la alcoba 1, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dan cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-36: Evaluación ventilación alcoba 1

1. RELACION ESPACIAL 1

Fuente: Autor

Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Alcoba 1	1.60 m	1.80 m	0.3 m	1.5 m	0.45 m²	0.80 m	2.10 m	1.68 m²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts







Mucha Relación= ◆ **Relación Media =** ◆ **Poca Relación =** ◆ **Ninguna Relación =** ◆

Espacio o Recinto	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba Principal	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba 1	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba 1		X			X		15 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.

No posee abertura	Muro Interno	Muro Externo	Puntaje
		X	10 pts

5. TIPO DE VENTILACIÓN

Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.

Sin ventilación	Indirecta	Directa	
		X	10 pts
Total			45 pts

Fuente: Autor

En el ítem de relaciones espaciales alcoba 1, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba principal y la alcoba 2, lo cual por diseño funciona.

En cuanto a la comparación con la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación.

La tabla 5-36, evalúa con una puntuación de 45 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy Buena*.

5.8.10 Alcoba 2

La tabla 5-37, evalúa los diferentes aspectos de ventilación de la alcoba 2, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dará cincuenta y cinco (55) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-37: Evaluación ventilación alcoba 2










Fuente: Autor

[illegible]

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple= 10 pts


Mucha Relación=  Relación Media =  Poca Relación =  Ninguna Relación = 

Espacio o Recinto	Sala	Comedor	Cocina	Patio de Ropas	Baño Principal	Alcoba Principal	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Alcoba 2									X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta= 10 pts Abertura Admisión= 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Alcoba Principal					X		5 pts
4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA							
Puntuación: No posee abertura = 0 pts. Muro Interno = 5 pts Muro Externo = 10 pts.							
No posee abertura		Muro Interno		Muro Externo		Puntaje	
		X				5 pts	
5. TIPO DE VENTILACIÓN							
Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.							
Sin ventilación		Indirecta		Directa			
		X				5 pts	
				Total		25 pts	

Fuente: Autor

En el ítem de relaciones espaciales alcoba 2, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba principal y la alcoba 1, lo cual por diseño funciona.

En cuanto a la comparación con la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación la alcoba a pesar de estar enfrentada con la cocina.

La tabla 5-37, evalúa con una puntuación de 25 puntos sobre 55 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 45.4 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Regular*.

5.8.11 Baño principal

La tabla 5-38, determina los diferentes aspectos de ventilación del baño principal, el sistema de puntuación se hará de acuerdo a lo indicado en cada ítem, se aplicará una regla de tres para calificarla, para nuestro caso cuando cumple se dará setenta (70) puntos para un total del 100%.

Tabla 5-38: Evaluación ventilación baño principal

1. RELACION ESPACIAL BAÑO PRINCIPAL

Fuente: Autor

Espacio o Recinto	Ventana		Abertura Efectiva Ventana			Puerta		
	Ancho	Alto	Ancho	Alto	Área	Ancho	Alto	Área
Baño Principal	-	-	-	-	-	0.65 m	2.10 m	1.36 m ²

2. MATRIZ DE RELACIONES ESPACIALES

Calificación: No Cumple = 0 pts Si Cumple = 10 pts

Mucha Relación = ◆ Relación Media = ◆ Poca Relación = ◆ Ninguna Relación = ◆

Espacio o Recinto	Acceso	Sala	Comedor	Cocina	Patio de ropas	Alcoba Principal	Alcoba 1	Alcoba 2	No Cumple	Si Cumple	Puntaje
Baño Principal	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		X	10 pts

3. COMPARACION DE CONDICIONES GENERALES DE VENTILACIÓN SEGÚN NORMA HS3

Calificación: Abertura Mixta = 10 pts Abertura Admisión = 10 pts Abertura de Extracción = 10 pts
 Abertura Doble Paso = 5 pts Abertura de Paso = 5 pts Conducto de Extracción = 5 pts

Nota: El espacio debe cumplir con un puntaje de 25 pts.

Espacio							Puntaje
	Abertura Mixta	Abertura Admisión	Abertura Extracción	Abertura Doble Paso	Abertura de Paso	Conducto Extracción	
Baño Auxiliar					X		5 pts

4. UBICACIÓN DE LA ABERTURA O VENTANA

Puntuación: No posee = 0 pts. Dintel de la Puerta = 5 pts Zona de Ducha = 5 pts.

Zona Lavamanos = 5 pts.			Zona de Inodoro = 10 pts.		
No posee abertura	Dintel de la Puerta	Zona de Ducha	Zona de Lavamanos	Zona de Inodoro	Puntaje
X					0 pts
5. REJILLA			6. TIPO DE VENTILACIÓN		
Calificación: Sin rejilla = 0 pts. Rejilla Inferior= 5 pts. Rejilla Superior = 5 pts.			Calificación: Sin Ventilación= 0 pts. Indirecta= 5 pts. Directa = 10 pts.		
Sin Rejilla	Rejilla Inferior	Rejilla Superior	Sin ventilación	Indirecta	Directa
X			X		
					Total
					15 pts

Fuente: Autor

La relación espacial del baño principal (ver ítem 3), observamos que este tiene una relación media con las alcobas, lo cual por diseño y función está bien ubicado en la segunda planta de la vivienda. La comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción, de un lado, la puerta sirve como una abertura de paso para ventilarlo incipientemente.

La tabla 5-38, califica con una puntuación de 15 puntos sobre 70 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 21.42 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *Muy deficiente*, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, (ver figura 5-24), sumado a que no cumple con la rejilla inferior ni superior, sino simplemente una claraboya de iluminación.

Figura 5-23: Puerta baño principal VIS Ciudadela Sol de Oriente



Fuente: Autor

5.8.12 Patio de ropas

El patio de ropas se debe ventilar directamente y tener unas medidas mínimas en área de 9m², así mismo, se debe observar si está cubierto totalmente, parcialmente o sin cubrir, de otro lado, el cuadro comparativo que se realizó, nos ayuda a evaluar la eficiencia de la ventilación en el patio, el sistema de valoración se hará de acuerdo con el área y los cerramientos de la cubierta, donde se aplicara la regla de tres para calificarla, para este caso cuando cumple se dan 20 puntos para en total del 100%.

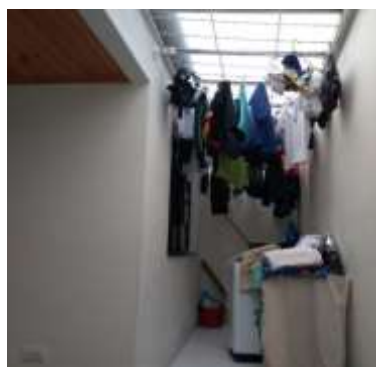
Tabla 5-39: Evaluación ventilación patio de ropas Ciudadela Sol de Oriente

PATIO DE ROPAS						
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Área mínima = 9 m ² Calificación: No Cumple: 5 pts Si Cumple= 10 pts						
Largo	Ancho	Alto	Área m ²	No Cumple	Si Cumple	Calificación
m	m	m	13.25 m ²		x	10 pts
MEDIDAS DEL PATIO DE ROPAS Calificación: Cubierto Totalmente = 0 pts Sin Cubrir= 5 pts Cubierto Parcialmente = 10 pts						
Cubierto Totalmente		Sin Cubrir		Cubierto Parcialmente		Calificación
x						0 pts
				Total		10 pts

Fuente: Autor

La zona de patio de ropas se califica con una puntuación de 10 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 50 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es *regular*, la valoración se ve afectada porque el patio fue totalmente cubierto y no posee un ducto de ventilación.

Figura 5-24: Cubierto totalmente el por patio de ropas



Fuente: Autor

5.8.13 Grado de desempeño de la vivienda

Para finalizar en la tabla 5-40, se hace un promedio por recinto para medir el grado de desempeño de la vivienda, esto de acuerdo al análisis que se hizo con base en la norma HS3 y otros parámetros cualitativos, con lo anterior, obtendremos un resultado en el cumplimiento de calidad del aire interior de la vivienda desde el diseño y confort.

Tabla 5-40: Grado desempeño de la vivienda

GRADO DE DESEMPEÑO DE LA VIVIENDA		
Espacio o Recinto	Grado de Cumplimiento	Rango de porcentaje
Sala	Muy bueno	81.8 %
Comedor	Muy bueno	81.8 %
Cocina	Muy Deficiente	7.14 %
Estudio	Deficiente	27.2 %
Baño Auxiliar	Muy Deficiente	7.14 %
Alcoba Principal	Muy Buena	81.8 %
Alcoba 1	Muy Buena	81.8 %
Alcoba 2	Regular	45.4 %
Baño Principal	Muy Deficiente	21.4 %
	Total	435.4 / 9
Casa Ciudadela Sol de Oriente	Regular	48.3 %

Fuente: Autor

En conclusión, la vivienda tiene una calificación *Regular* en el grado de desempeño, esto se debe a que el baño auxiliar, la cocina, el patio de ropas y el baño principal no tiene unos ductos o ventanas de ventilación directa, además la el patio de ropas se cambió de nivel, al segundo piso y se selló, todas estas variables afectan la calidad del aire de la vivienda desde el diseño arquitectónico.

5.8.14 Consolidados de las encuestas

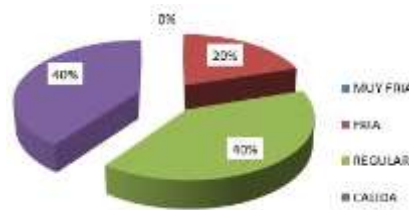
Los consolidados describen los ítems de las encuestas (Ver anexo I), para evaluar el comportamiento de la ventilación en las viviendas de la urbanización Ciudadela Sol de Oriente, con base en la opinión de los usuarios de acuerdo a la tabla 5-13, donde se realiza una encuesta a los residentes para determinar el comportamiento de la vivienda a nivel de

confort y ventilación, complementando el diseño metodológico y aportando conclusiones y recomendaciones al presente estudio.

▪ **Ítem 7: ¿Para las actividades que realiza en la vivienda, la temperatura es?**

La temperatura en la gran mayoría de viviendas esta entre regular y cálida, esto se debe a que tiene buenos acabados y los marcos de ventanas y puertas están bien sellados.

Figura 5-25: Temperatura de la vivienda

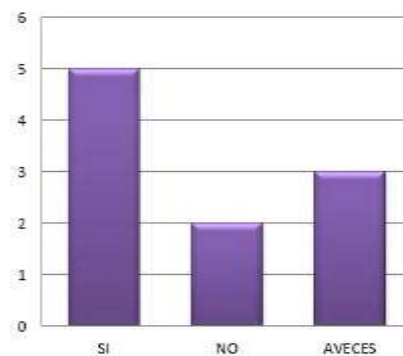


Fuente: Autor

▪ **Ítem 8: ¿Ha detectado condensación de vapor de agua en la vivienda?**

La condensación está presente en casi todas las viviendas y se detecta más que todo en las alcobas, en las horas de la madrugada y en el día se presenta en la cocina a la hora de la preparación de alimentos.

Figura 5-26: Condensación de vapor de agua

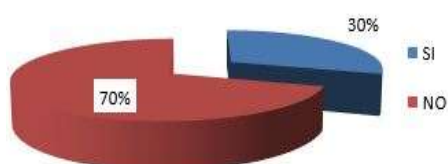


Fuente: Autor

▪ **Ítem 9: ¿Ha detectado humedades en la vivienda?**

Los usuarios en su gran mayoría manifiesta no detectar humedades, las que se detectan son por problemas en las cubiertas.

Figura 5-27: Humedad en la vivienda

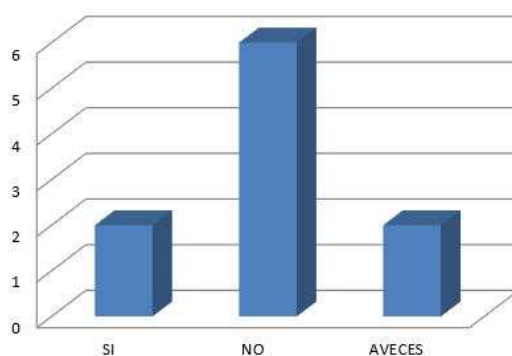


Fuente: Autor

▪ **Ítem 10: ¿Ha detectado infiltraciones de aire indeseado en la vivienda?**

Los usuarios en su gran mayoría manifestaron, no tener infiltraciones de aire, los que si dicen que se da por la puerta principal.

Figura 5-28: Infiltración de aire



Fuente: Autor

▪ **Ítem 11: ¿Considera que su vivienda acumula malos olores o gases?**

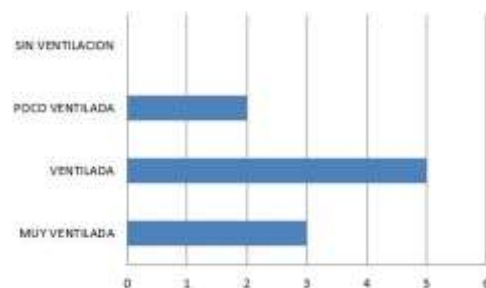
Los usuarios expresan que estos se presentan en la cocina y el baño auxiliar.

Figura 5-29: Acumulación de olores y gases

Fuente: Autor

▪ **Ítem 12: ¿A nivel general, la ventilación de su vivienda es?**

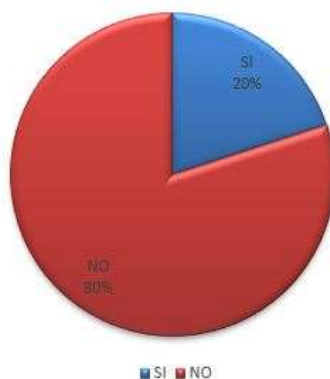
Los resultados arrojaron que se encuentra en general ventilada, debido a que la ventilación de los espacios como alcobas, la sala y comedor es directa.

Figura 5-30: Ventilación general de la vivienda

Fuente: Autor

▪ **Ítem 22: ¿Alguien del grupo familiar ha presentado problemas de salud por enfermedades respiratorias, causados por la calidad o situación de la vivienda?**

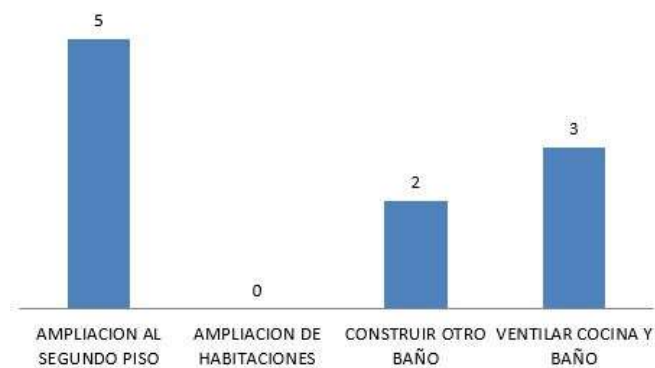
Hubo 2 familia que contesto si, manifestando problemas respiratorios de tos y gripa, debido al frio de la vivienda y el clima de la ciudad de Tunja.

Figura 5-31: Enfermedades respiratorias

Fuente: Autor

▪ **Ítem 24: ¿Qué aspecto constructivo le cambiaría a su vivienda y por qué?**

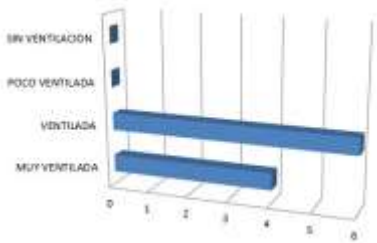
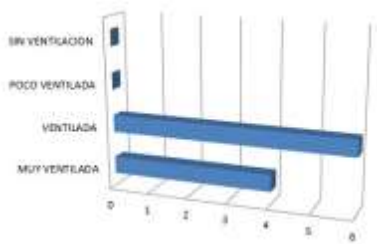
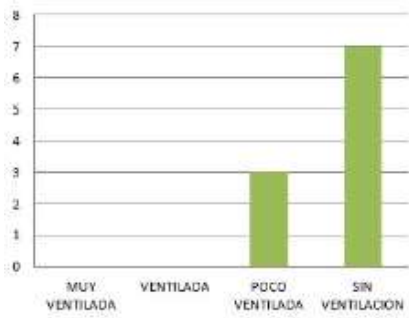
Expresan los dueños, su deseo de ampliar a segundo piso en su gran mayoría, ventilar la cocina y el baño auxiliar.

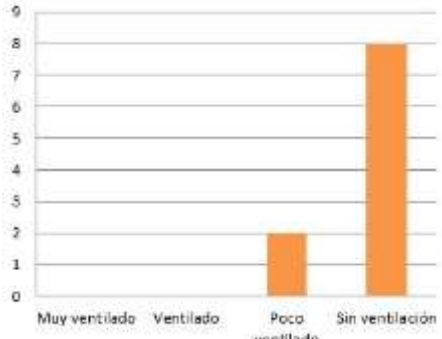

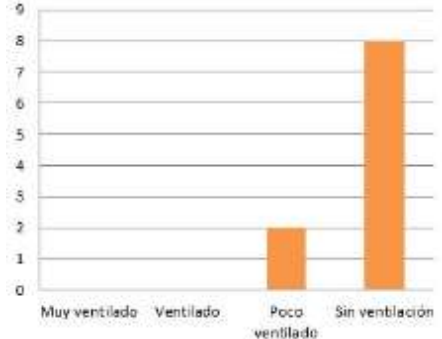
Figura 5-32: Cambio de aspecto constructivo

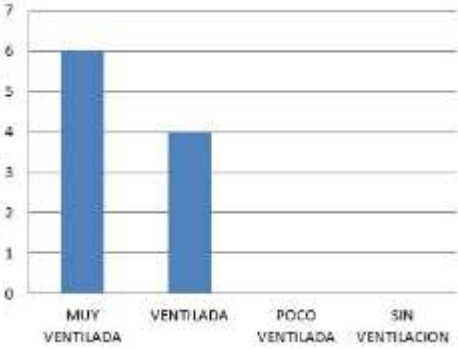

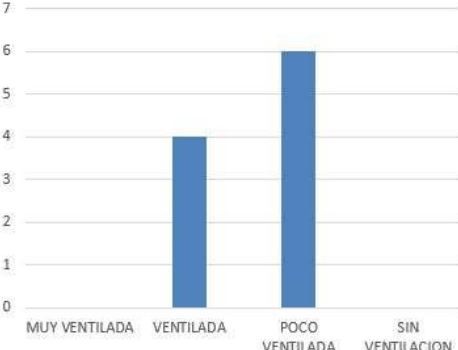
Fuente: Autor

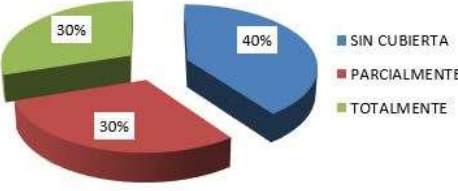
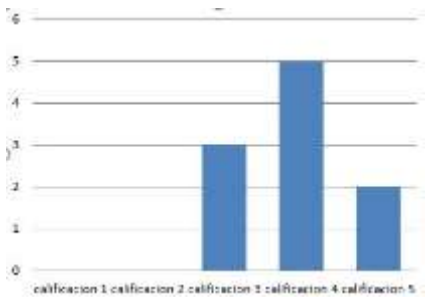
5.8.15 Cuadro comparativo de ventilación vivienda Ciudadela Sol de Oriente

Cuadro 5-2: Cuadro comparativo de ventilación de la VIS Ciudadela Sol de Oriente

Espacio / Resultado	Aplicación matriz a la vivienda	Encuesta a los usuarios
Sala	<p>Las relaciones espaciales de la sala, observamos que esta tiene una relación directa con el comedor, lo cual por diseño y función es acertado</p> <p>La comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura de doble paso, logrando un buen suministro de aire exterior en la sala.</p> <p>Se evalúa con un 81.8 % y su calificación es <i>Muy Buena</i>, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>El usuario opina, que la sala ventila bien ya que la ventana da hacia la calle.</p>
Comedor	<p>En la relación espacial del comedor, podemos observar que este tiene una relación directa con la sala y la cocina, lo cual por diseño y función es pertinente.</p> <p>La comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura mixta, logrando una buena ventilación, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.</p> <p>Se evalúa con una 81.8 % y su calificación es <i>Muy Buena</i>, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>El usuario expresa, que el comedor ventila bien ya que la ventana y puerta principal da hacia calle.</p>
Cocina	<p>La relación espacial de la cocina, podemos analizar que esta tiene una relación directa con el comedor, siendo funcional</p> <p>De un lado, la comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no posee una ventilación directa o un conducto de extracción para recircular el aire.</p> <p>Cumple en un 7.14 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es <i>Muy deficiente</i>, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, no cumple con la rejilla inferior ni superior.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Mencionan los usuarios, que la cocina en las casas medianeras no tiene ventilación y en las casas esquineras tienen una ventana, pero esta sellada.</p>

<p>Baño Auxiliar</p>	<p>En el ítem la relación espacial del baño auxiliar, observamos que este tiene una relación directa con el comedor, lo cual por diseño y confort no debe existir, sumado a que el baño no tiene una ventilación directa.</p> <p>La comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción y la puerta sirve como una abertura de doble paso, pero está enfrentada con la cocina.</p> <p>Cumple en un 7.14 % y su calificación es <i>Muy deficiente</i>, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, no cumple con la rejilla inferior ni superior.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los ocupantes manifiestan, que existen malos olores en el baño auxiliar, por que no existe ningún tipo de ventana para ventilación.</p>
<p>Estudio</p>	<p>En la relación espacial del comedor, se observa que este tiene una relación directa con la sala y la cocina, lo cual por diseño funciona bien.</p> <p>Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, se cumple, ya que cuenta con una abertura de admisión y una abertura mixta, logrando una buena ventilación en la sala, pero a su vez su aire se contamina con la cocina.</p> <p>Cumple en un 27.2 % y su calificación de acuerdo es <i>Deficiente</i>, debido a la buena ubicación de este espacio en la vivienda.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Mencionan los residentes, que el estudio lo hacen después de ampliar la vivienda a dos pisos.</p>
<p>Baño Principal</p>	<p>La relación espacial del baño principal (ver ítem 3), observamos que este tiene una relación media con las alcobas, lo cual por diseño y función está bien ubicado en la segunda planta de la vivienda.</p> <p>La comparación de acuerdo a la norma HS3, no se cumple, ya que no tiene por lo menos una abertura mixta o un conducto de extracción, de un lado, la puerta sirve como una abertura de paso para ventilarlo incipientemente.</p> <p>Cumple en un 21.42 % y su calificación es <i>Muy deficiente</i>, esto consecuencia de no tener una ventilación directa o ducto de extracción, sumado a que no cumple con la rejilla inferior ni superior, sino simplemente una claraboya de iluminación.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los ocupantes manifiestan, que existen malos olores en los baños, por el poco desnivel de las cañerías, además no tiene una ventana o claraboya de ventilación.</p>

<p>Alcoba Principal</p>	<p>En el ítem de relaciones espaciales alcoba principal, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba 1 y la alcoba 2, lo cual por diseño funciona.</p> <p>Ahora bien, la comparación de acuerdo a la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación.</p> <p>Cumple en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es <i>Muy Buena</i>.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios consideran la alcoba principal bien ventilada, con buena ventilación e iluminación.</p>
<p>Alcoba 1</p>	<p>En el ítem de relaciones espaciales alcoba 1, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba principal y la alcoba 2, lo cual por diseño funciona.</p> <p>En cuanto a la comparación con la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación.</p> <p>Cumple en un 81.8 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es <i>Muy Buena</i>.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios consideran la alcoba 1 ventilada, con buena ventilación e iluminación.</p>
<p>Alcoba 2</p>	<p>En el ítem de relaciones espaciales alcoba 2, podemos observar que este tiene una relación indirecta con la alcoba principal y la alcoba 1, lo cual por diseño funciona.</p> <p>En cuanto a la comparación con la norma HS3, esta se cumple, ya que cuenta con una abertura admisión y una abertura de paso, logrando una buena ventilación la alcoba a pesar de estar enfrentada con la cocina.</p> <p>Cumple en un 45.4 % y su calificación de acuerdo a la Tabla 5-5 es <i>Regular</i>.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios tienen quejas en la ventilación de este recinto debido al sellamiento del patio</p>

<p>Patio de Ropas</p>	<p>La zona de patio de ropas se califica con una puntuación de 10 puntos, lo que equivale a que está cumpliendo en un 50 % y su grado de desempeño es <i>Regular</i>, la valoración se ve afectada porque el patio fue cubierto.</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>Los usuarios prefieren cerrar totalmente el patio por confort termico y seguridad.</p>
<p>Ítem 23: ¿Cómo califica el confort y ventilación de su vivienda?</p>	<p>En el grado de desempeño, la vivienda obtuvo una calificación <i>Regular</i>, con un 48.3% de rendimiento en su ventilación</p>	 <p>Fuente: Autor</p> <p>La calificación que dieron los usuarios en la escala de 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno, como resultado la gran mayoría la califico en 4, clasificándose en buena.</p>

Fuente: Autor

El cuadro 5-3 muestra la comparación en la aplicación de la matriz a la vivienda y las encuestas a los usuarios con respecto a la ventilación, el confort, la condensación, malos olores, humedades, temperatura y calidad aceptable del aire interior en la vivienda y su calificación cualitativa desde el diseño arquitectónico de la misma.

La VIS de la Ciudadela Sol de Oriente, obtuvo una calificación *regular* con la aplicación de la matriz, donde hay que anotar que es más objetiva, pero en la calificación que dieron los usuarios se obtuvo una calificación buena, esta última no fue objetiva ya que las personas lo evalúan desde el confort térmico siendo subjetiva esta respuesta.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Los constructores y diseñadores para sacarle más provecho a la superficie edificable reducen los espacios y su relación desde el diseño arquitectónico, sin tener en cuenta el confort de los usuarios y las variables ambientales del lugar, conllevando a la reducción de inyección de aire fresco y exposición a la admisión de aire exterior a la edificación

Por lo expuesto anteriormente, la calidad del aire interior es muy importante, ayudando a limpiar de contaminantes los espacios, aportando confort, bienestar y salud para sus ocupantes. Así pues, un edificio correctamente ventilado disminuye las concentraciones nocivas de contaminantes como lo determinan la norma ASHRAE 62.1-2007 y la norma HS3, así pues, para lograr esto debemos tener en cuenta las siguientes conclusiones y recomendaciones.

6.1.1 Calidad del aire exterior

El aire exterior siempre va a afectar el aire de renovación del ambiente interior en una edificación, para este aspecto se analizó las características climatológicas del lugar, las fuentes contaminantes exteriores, así mismo, se aplicó la tabla 5-3 que compara y mide los niveles máximos de concentración de contaminantes de acuerdo a la norma ASHRAE 62.1- 2007, del cruce de estos datos concluimos lo siguiente:

- Las características climatológicas de la ciudad de Tunja, se tomaron del IDEAM aplicando la tabla 5-1, donde se determinó que la dirección y dominio de los vientos vienen del sur y suroeste y una humedad relativa del 79.83%, con estos datos y la opinión de los usuarios se concluyó que las viviendas orientadas hacia el sur reciben el impacto del viento haciéndolas menos confortables, entonces, se pueden adelantar estudios de la influencia de los vientos dominantes, humedad relativa y las bajas temperaturas en las noches y madrugadas para analizar el comportamiento de viviendas orientadas hacia el sur con respecto al confort higrotérmico y condensación de vapor de agua.
- Ahora bien, las fuentes contaminantes, como las fábricas, autos y columnas de humo que dispersan monóxido de carbono en su gran mayoría, donde para los casos de estudio de la investigación, se identificó por medio de observación, que la fuente de contaminación del aire exterior son los vehículos, se sugiere futuros estudios de estrategias para controlar esta fuente contaminación por medio de vegetación exterior e interior que absorba el CO² y retenga el polvo con material particulado.
- Por último, la calidad del aire exterior en la ciudad de Tunja se comparó y evaluó respecto a las concentraciones de contaminantes de la norma ASHRAE 62.1-2007 y los reportes de la calidad del aire que se analizaron de CORPOBOYACA, datos que son recogidos por la Estación Pírgua, hay que anotar, esta estación no está monitoreando el dióxido de nitrógeno ni el monóxido de carbono, presentando una falencia en estos datos, sin embargo, los niveles de concentración de los demás contaminantes se mantienen en bajos con respecto a los establecidos por la norma, concluyendo que la calidad del aire exterior en la ciudad de Tunja es *buena*.

6.1.2 El diseño arquitectónico y la calidad del aire interior

El objetivo del diseño arquitectónico y bioclimático es mejorar las condiciones de confort higrotérmico para los usuarios, balanceando el microclima de los espacios, teniendo en cuenta las características climáticas del lugar.

De este modo se presentan unas conclusiones del cuadro comparativo en la aplicación de la matriz a la vivienda y las encuestas a los usuarios con base en las normas ASHRAE 62.1-2007 y la norma española HS3, lo anterior, respecto a la ventilación, el confort térmico, la condensación, malos olores, humedades, temperaturas y calidad aceptable del aire interior de la vivienda, así pues, llegamos a unas conclusiones y recomendaciones analizadas desde el diseño de la vivienda:

- La norma ASHRAE 62.1- 2007, recomienda para ventanas una distancia no mayor a 8 mt de un muro útil y una abertura efectiva del 4% del área del piso neto ocupable, así pues, para el caso de la VIS Estancia del Roble, el grado de cumplimiento fue *bueno* y para la VIS Ciudadela Sol de Oriente su calificación fue *regular*, en conclusión, la ubicación y diseño de las aberturas son decisión propia del diseñador, para lo cual puede aplicar la norma para cumplir con este aspecto.
- En la ciudad de Tunja se recomienda orientar las fachadas este- oeste, para elevar la temperatura de la vivienda por inercia térmica, los usuarios que llevan tiempo viviendo en la ciudad evitan comprar viviendas con fachadas orientadas hacia el sur, esto debido a la infiltración de aire muy frío por puertas y ventanas que hacen que no sean muy confortables térmicamente.
- En la fase de diseño de VIS, se debe tener en cuenta la relación de espacios, por ejemplo, en la VIS de Estancia del Roble, la cocina está enfrenteada con el baño y sumado a que no tiene aberturas de admisión de aire directa y esto afecta la calidad del aire interior contaminándolo con gases, malos olores y vapor de agua.
- Se debe tener en cuenta para baños y cocinas la disposición de rejillas inferiores y superiores, así como la disposición de aberturas de admisión de ventilación directa como lo recomienda la norma HS3, con el propósito de inducir aire de renovación y combustión para diluir malos olores y contaminantes de estos espacios.
- El patio de ropas en clima frío, no deben cubrirse totalmente sino parcialmente, para generar ventilación directa y mitigar condensaciones y humedades en los

espacios contiguos a este, problemática evaluada en los dos casos de estudios, donde las alcobas presentaron problemas de calidad del aire por no tener una ventilación y recirculación de aire de renovación.

- El aire en la ciudad de Tunja es muy frío y molesto para los usuarios, sobre todo en las noches y cuando llueve, si hay infiltración excesiva, baja la temperatura considerablemente en los recintos. La infiltración de aire por puertas, ventanas y cubiertas, es una problemática en los climas fríos, se recomienda repararlos y para cubiertas repararla e instalar cielos rasos que mejoren esta condición, con el fin de impedir la filtración de corrientes de aire indeseado y evitar pérdidas de calor.
- La modificación de la vivienda con ampliaciones, cambios de uso, sellar patios de ropa o eliminarlos, sin asesoría de un arquitecto, como se evidencio en las viviendas estudiadas, sobre todo la VIS de Ciudadela Sol de Oriente, afectan drásticamente el aire interior, concentrando y viciando el ambiente de los espacios.
- En la etapa de prefactibilidad y diseño de VIS de clima frío, se recomienda a los diseñadores investigar sobre las condiciones climáticas del lugar, así pues, en primer lugar, se analiza la dirección y dominio de los vientos para lograr orientar la vivienda en contra de estos y no generar bajas temperaturas en las viviendas.
- Conviene considerar que la calidad del aire interior se puede mejorar con vegetación en el exterior e interior, para purificar el aire y sirvan como filtro, eliminando benceno, xileno, amoníaco, tricloroetileno y formaldehído, como se mostró en el marco teórico, en este sentido, se recomienda adelantar estudios que analicen la utilización de plantas locales que mitiguen las concentraciones de contaminantes.

6.2 Recomendaciones

Se presentan como una serie de temas que se podrían realizar en un futuro para emprender investigaciones similares o fortalecer la presente investigación realizada, por

ejemplo, impulsar estudios que determinen la velocidad del viento, concentración de contaminantes en vivienda social de clima frío.

De estos temas se recomienda evaluar la caracterización de los materiales utilizados en la construcción enfocado hacia emisiones tóxicas (COV), también se puede profundizar en el uso de plantas de interior como captadoras y purificadoras de contaminantes presentes en el ambiente.

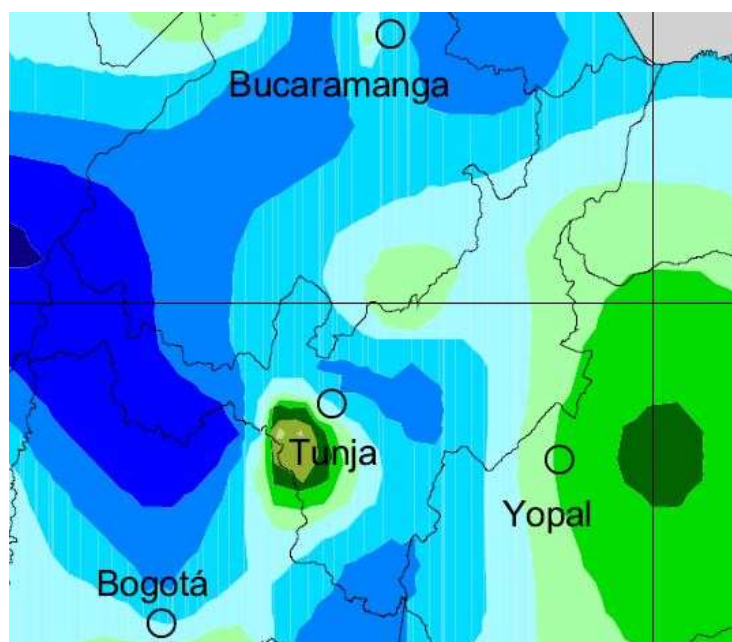
También, se sugiere adelantar estudios para inspeccionar la estanqueidad de los espacios interiores de una edificación con el ensayo Blower Door, el cual no se ha experimentado en Colombia.

Ahora bien, la inercia térmica de una edificación se da por la orientación que se le dé a la misma, entonces, se sugiere el estudio en VIS de clima frío con respecto a este tema, para evaluar el confort higrotérmico de los espacios interiores.

De otro lado, se recomienda a CORPOBOYACA, en especial a los reportes de la Estación Pírgua monitorear regularmente los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, ya que de estos no se tienen datos de los meses de enero a septiembre de 2018.

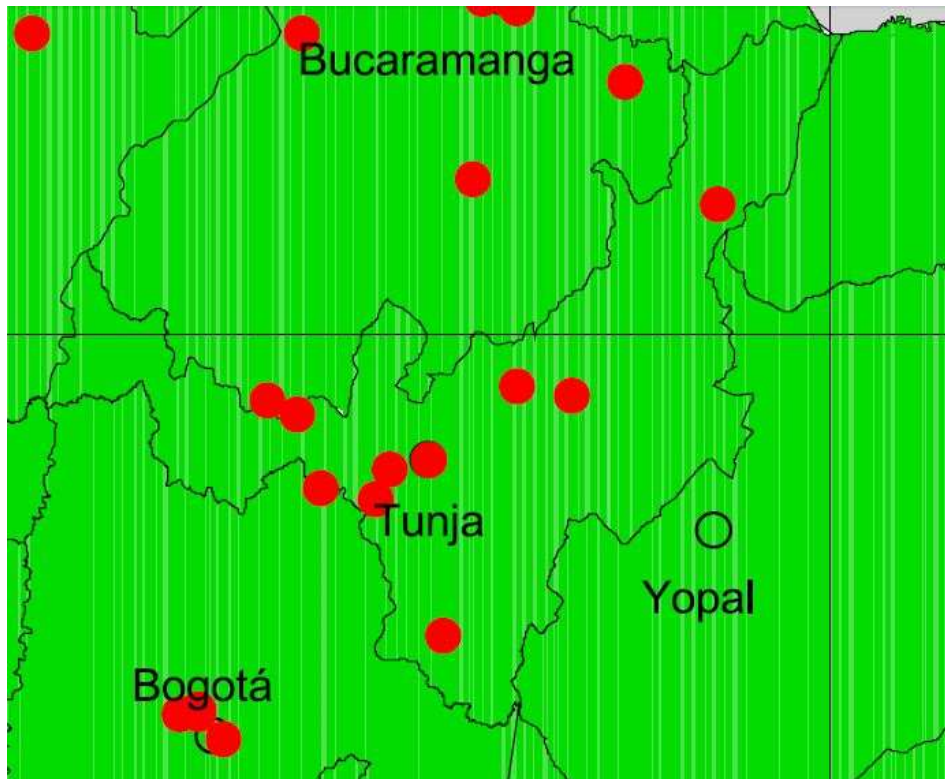
Para finalizar y como futura posibilidad de trabajo es el tema de la energía eólica para bombeo de agua y generación de electricidad a pequeña escala, en vivienda social, ya que en la ciudad de Tunja por la alta velocidad del viento se podría aprovechar esta energía renovable.

A. Anexo: Velocidad promedio anual del viento en Tunja y Boyacá



Fuente: IDEAM y UPME. (s.f). *Atlas de viento y energía eólica de Colombia.*

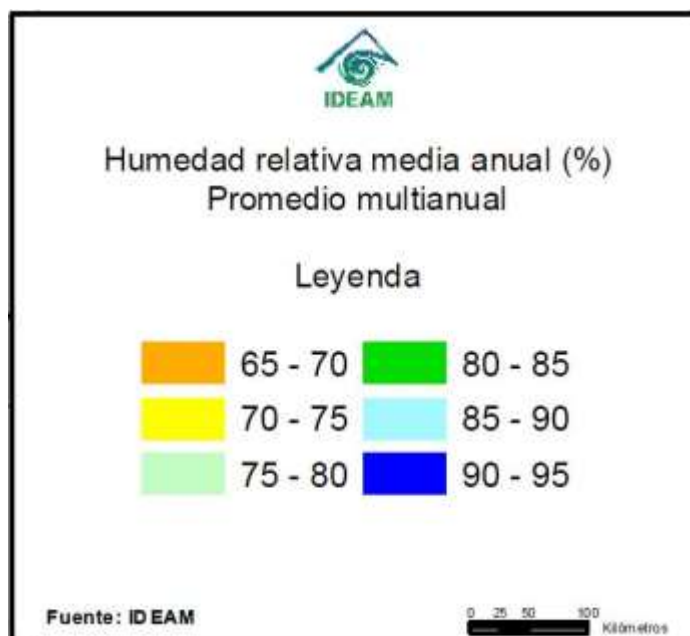
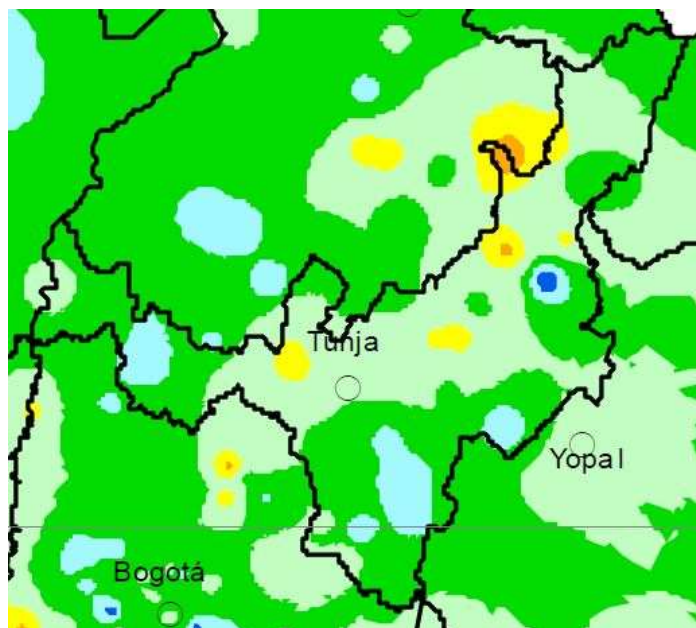
B. Anexo: Estaciones Meteorológicas de Boyacá velocidad del viento



29	VILLA CARMEN	BOYACÁ	SAMACÁ
30	SURBATA BONZA	BOYACÁ	DUITAMA
31	U P T C	BOYACÁ	TUNJA
32	BELENCITO	BOYACÁ	NOBSA
33	INST. AGR. MACANAL	BOYACÁ	MACANAL
34	SIERRA NEVADA COCUY	BOYACÁ	GÜICÁN
35	GACHANECA	BOYACÁ	SAMACÁ

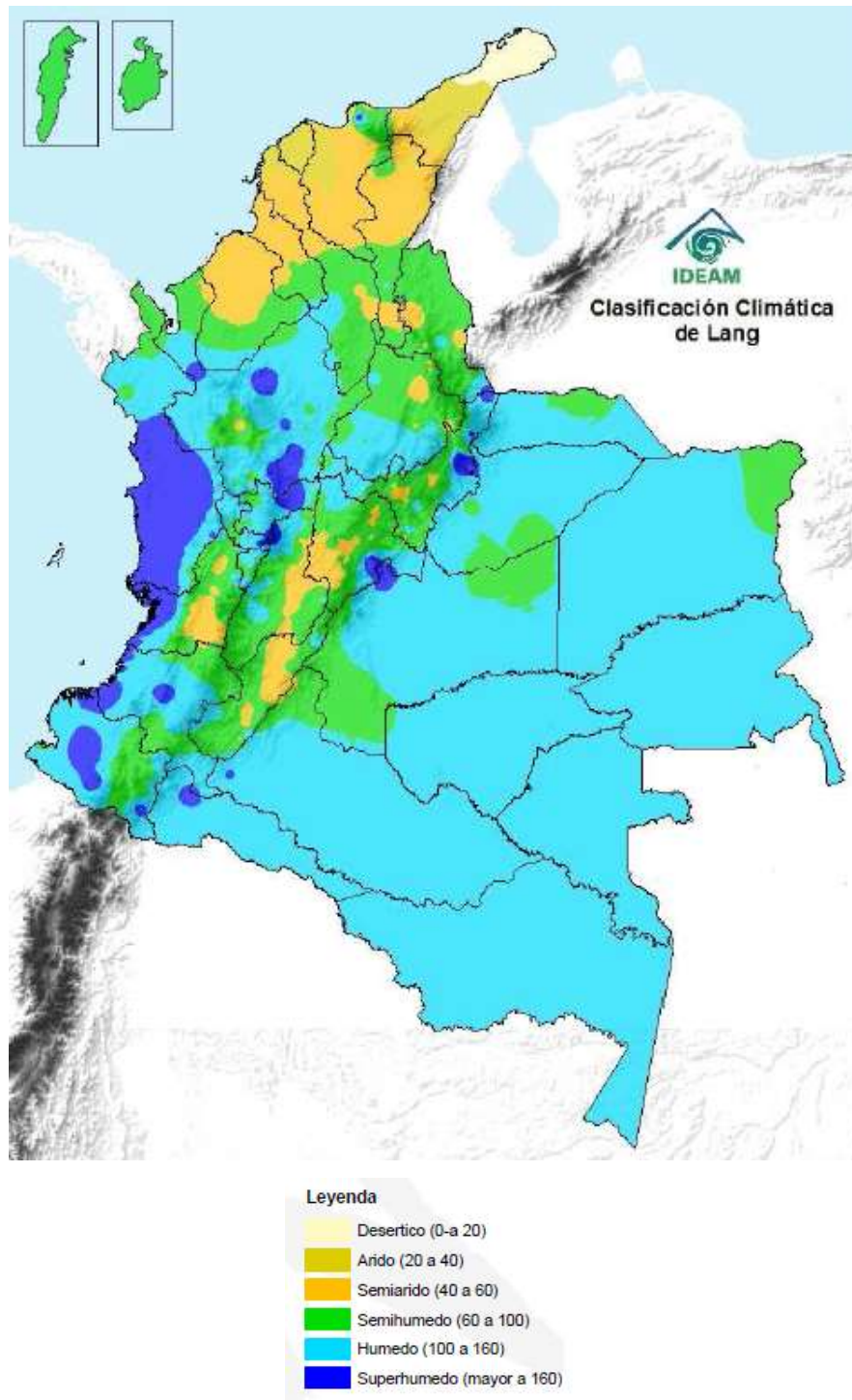
Fuente: IDEAM y UPME. (s.f). *Atlas de viento y energía eólica de Colombia.*

C. Anexo: Humedad relativa media anual de Tunja y Boyacá



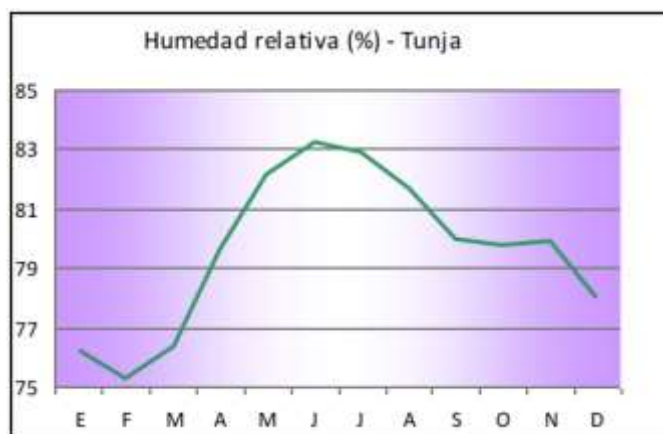
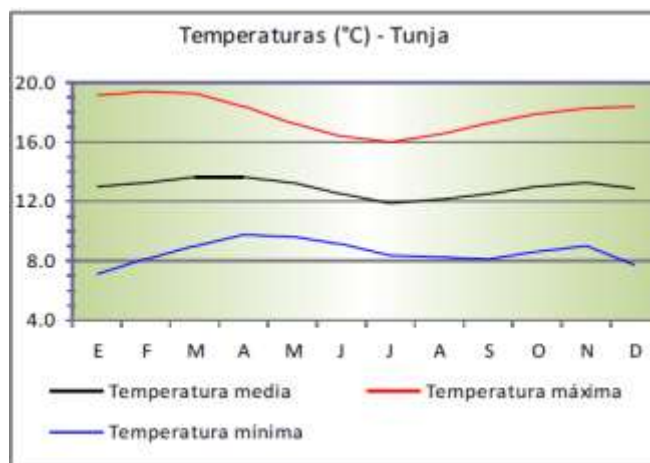
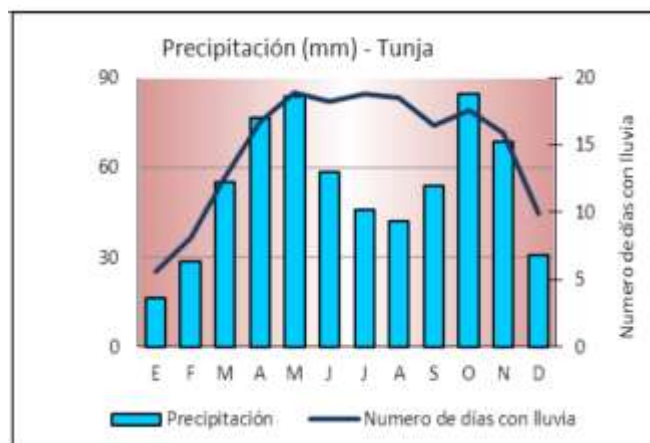
Fuente: IDEAM y UPME. (s.f). *Atlas de viento y energía eólica de Colombia.*

D. Anexo: Clasificación Climática de Lang



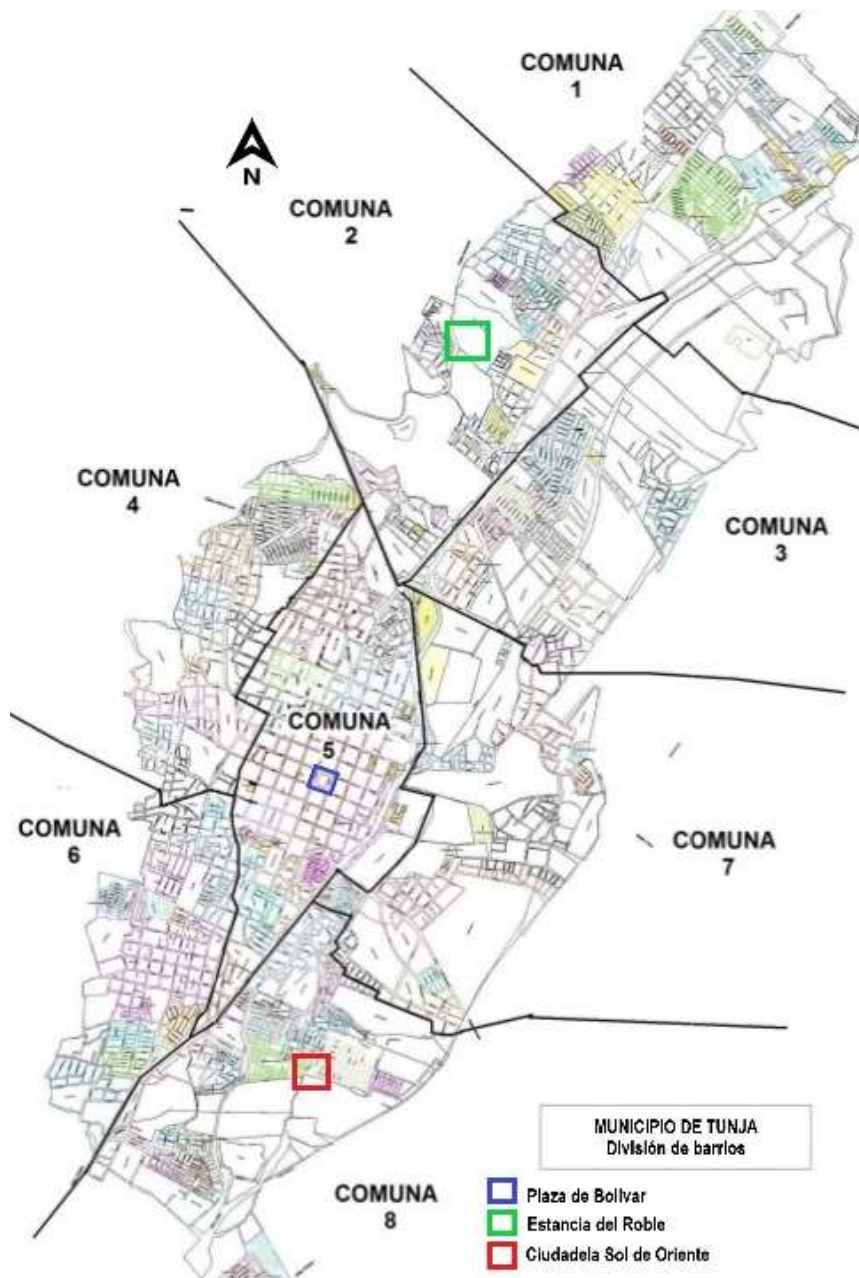
Fuente: IDEAM. 2017

E. Anexo: Característica climatológicas de la ciudad de Tunja



Fuente: IDEAM. 2017

F. Anexo: Subdivisión por comunas de la ciudad de Tunja



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/fotografadepginacompleta-110426210417-phpapp01/95/mapa-digital-de-las-comunas-en-tunja-1-728.jpg?cb=1303852099>

G. Anexo: Encuesta vivienda Estancia del Roble

5.5 Encuestas y entrevistas a los usuarios

Tabla 5-12: Identificación de la muestra de estudio

Identificación de la muestra de estudio (Vivienda y usuarios)					
1. Identificación Vivienda: <u>Mz Casa 7.</u> <u>Estancia del Roble</u>		2. Fecha: <u>04-03-2018</u>		3. Hora: <u>9:05 am.</u>	
4. Nombre quien realizada la encuesta: <u>Mauricio Tovar. N.</u>			5. Nombre de la persona encuestada: <u>Flor Angela Bautista T.</u>		
6.	Nombres integrantes de la familia	Sexo	Edad	Parentesco	Ocupación
6.1.	<u>Jose Alcides Pardo V.</u>	<u>M</u>	<u>53</u>	<u>Padre</u>	<u>Publicista</u>
6.2.	<u>Flor Angela Bautista T.</u>	<u>F</u>	<u>45</u>	<u>Madre</u>	<u>Hogar.</u>
6.3.	<u>Monica Alejandra Pardo B.</u>	<u>F</u>	<u>21</u>	<u>Hija</u>	<u>Estudiante.</u>
6.4.	<u>Juan Manuel Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>18</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante</u>
6.5.	<u>Hernan David Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>16</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante.</u>
6.6.	<u>Miguel Angel Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>14</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante</u>
6.7.	<u>Angela Maria Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>11</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante.</u>
6.8.	<u>Pablo Andres Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>9</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante</u>
6.9.	<u>Alejandro Alcides Pardo B.</u>	<u>M</u>	<u>6</u>	<u>Hijo</u>	<u>Estudiante.</u>
6.10.	_____	_____	_____	_____	_____
6.11.	_____	_____	_____	_____	_____
7. ¿Cuál de las ocupaciones mencionadas representan un ingreso para el grupo familiar? <u>Padre - Publicista.</u>					
8. ¿Hace cuánto tiempo vive aquí el grupo familiar? <u>4 años.</u>					
9. Observaciones					

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos. 2012).

Fuente: Autor

Tabla 5-13: Encuesta de ventilación interior de la vivienda.

Encuesta distribución, confort y ventilación interior de la vivienda			
1. Identificación Vivienda: Ms Casa 7 Estancia del Koble		2. Fecha: 04-03-2018.	3. Hora: 9:05 am
4. Nombre quien realizada la encuesta: Mauricio Tovar N.		5. Nombre de la persona encuestada: Jose Alcides Pardo Valenzuela	
6. ¿La vivienda ha tenido remodelaciones después de entregada por parte de la constructora? Si (X) No ()		6.1 ¿Qué espacios? Explicar En el patio de ropa se construyo un cuarto y un baño.	
7. ¿Para las actividades que realiza en la vivienda, la temperatura es?	Muy Fría () Fría (X) Regular () Cálida ()	7.1. ¿Qué actividades realiza y a qué horas del día? Aseo: 7:00 am - 10:00 am Cocina: 12:00 pm - 2:00 pm	
8. ¿Ha detectado condensación de vapor de agua en la vivienda?	Si (X) No () A veces ()	8.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? En la ventana de la sala y las alcobas	
9. ¿Ha detectado humedades en la vivienda?	Si (X) No ()	9.1 ¿En qué sitios de la vivienda? En el techo de la alcobas principal	
10. ¿Ha detectado infiltraciones de aire indeseado en la vivienda?	Si (X) No () A veces ()	10.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? Techos, marcos de ventanas y puerta principal	
11. ¿Considera que su vivienda acumula malos olores o gases?	Mucho () Poco (X) Nada ()	11.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? Baño sin ventilación.	
12. ¿A nivel de temperatura, su vivienda es?	Muy Fría () Fría (X) Cálida () Muy cálida ()	12.1 ¿Por qué causa? Se filtra el frío por la cubierta.	
13. ¿A nivel general, la ventilación de su vivienda es?	Muy ventilada () Ventilada (X) Poco ventilada () Sin ventilación ()	13.1 ¿Por qué causa? Las alcobas y sala tienen ventanas de ventilación.	
14. ¿Considera que al usar la sala esta es?:	Muy ventilada () Ventilada (X) Poco ventilada () Sin ventilación ()	14.1 ¿Por qué causa? Tiene una ventana con ventilación a la calle.	
15. ¿Considera que al usar el comedor este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado (X) Sin ventilación ()	15.1 ¿Por qué causa? No existe una ventana directa de ventilación	
16. ¿Considera que al usar la cocina esta es?:	Muy ventilada () Ventilada () Poco ventilada (X) Sin ventilación ()	16.1 ¿Por qué causa? -No se puede abrir la ventana	
17. ¿Considera que al usar baño principal este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación (X)	17.1 ¿Por qué causa? No hay una ventana para ventilar.	

Fuente: Autor

18. ¿Considera que al usar baño auxiliar este es?: No hay	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación ()	18.1 ¿Por qué causa? No hay					
19. ¿Considera que al usar las alcobas estas son?:	Muy ventiladas (X) Ventiladas () Poco ventiladas () Sin ventilación ()	19.1 ¿Por qué causa? Se filtra aire por el techo y la ventana directa					
20. ¿Considera que al usar el patio de ropa este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado (X) Sin ventilación ()	20.1 ¿Por qué causa? Esta sellado con cubierta en vidrio y fibrocemento.					
21. ¿El patio de ropas es cerrado con cubierta o similar? Sin cubierta _____ Parcialmente <u>X</u> Totalmente _____	21.1 ¿Qué material usa para el cerramiento o cubierta? Vidrio (X) Policarbonato () Teja fibrocemento (X) Teja translúcida ()	21.2 Medidas del aislamiento posterior (Patio de ropas) Ancho <u>1,92 m</u> Largo <u>3,76 m</u> Alto <u>2,3 m</u>					
22. ¿Alguien del grupo familiar ha presentado problemas de salud por enfermedades respiratorias, causados por la calidad del aire o mala ventilación de la vivienda? Sí () No (X)	22.1 ¿Cuál?, explicar.						
23. ¿Cómo califica el confort y ventilación de su vivienda? De 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3 X</td> <td>3</td> <td>5</td> </tr> </table>			1	2	3 X	3	5
1	2	3 X	3	5			
24. ¿Qué aspecto constructivo le cambiaría a su vivienda y por qué? -Cambiar pisos, techo, para obtener mas calor y comodidad -Hacer un segundo piso, para mas espacio.							
25. Observaciones: -Existe malos olores por el poco desnivel de las cañerías.							

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos, 2012).

Fuente: Autor

H. Anexo: Encuesta vivienda Ciudadela Sol de Oriente

5.5 Encuestas y entrevistas a los usuarios

Tabla 5-12: Identificación de la muestra de estudio

Identificación de la muestra de estudio (Vivienda y usuarios)					
1. Identificación Vivienda: <i>Casa No. 1 Ciudadela Sol de Oriente.</i>		2. Fecha: <i>09-03/2018</i>		3. Hora: <i>10:50 am</i>	
4. Nombre quien realizada la encuesta: <i>Mauricio Tovar Neira.</i>		5. Nombre de la persona encuestada: <i>Jorge Lamaigo Guio</i>			
6. Nombres integrantes de la familia	Sexo	Edad	Parentesco	Ocupación	
6.1. <i>Jorge Lamaigo Guio</i>	<i>M</i>	<i>41</i>	<i>Padre</i>	<i>Docente</i>	
6.2. <i>Monica Alvarado boerrera</i>	<i>F</i>	<i>35</i>	<i>Madre</i>	<i>Docente</i>	
6.3. <i>Santiago Lamaigo Alvarado</i>	<i>M</i>	<i>14</i>	<i>Hijo</i>	<i>Estudiante</i>	
6.4. <i>Lamuel Lamaigo Alvarado</i>	<i>5</i>	<i>Hijo</i>	<i>Hijo</i>	<i>Estudiante</i>	
6.5. _____	_____	_____	_____	_____	
6.6. _____	_____	_____	_____	_____	
6.7. _____	_____	_____	_____	_____	
6.8. _____	_____	_____	_____	_____	
6.9. _____	_____	_____	_____	_____	
6.10. _____	_____	_____	_____	_____	
6.11. _____	_____	_____	_____	_____	
7. ¿Cuál de las ocupaciones mencionadas representan un ingreso para el grupo familiar? <i>Docencia - Padres</i>					
8. ¿Hace cuánto tiempo vive aquí el grupo familiar? <i>Desde 2006, hace 12 años</i>					
9. Observaciones					

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos. 2012).

Fuente: Autor

Tabla 5-13: Encuesta de ventilación interior de la vivienda.

Encuesta distribución, confort y ventilación interior de la vivienda			
1. Identificación Vivienda: <i>Foja No 1 Ciudadela del Este</i>		2. Fecha: <i>04-03-2018</i>	3. Hora: <i>10:52 am</i>
4. Nombre quien realizada la encuesta: <i>Mauricio Tovar N.</i>		5. Nombre de la persona encuestada: <i>Jorge Camargo Guio</i>	
6. ¿La vivienda ha tenido remodelaciones después de entregada por parte de la constructora? Si (X) No ()		6.1 ¿Qué espacios? Explicar <i>Se amplio al segundo piso y se modifico el primer piso.</i>	
7. ¿Para las actividades que realiza en la vivienda, la temperatura es?	Muy Fria () Fria () Regular () Cálida (X)	7.1. ¿Qué actividades realiza y a qué horas del día? <i>Cocinar: Mañana, media día Prepara clase: 3:00pm - 6:00pm</i>	
8. ¿Ha detectado condensación de vapor de agua en la vivienda?	Si (X) No () A veces ()	8.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? <i>La alcoba principal y auxiliar, en la sala.</i>	
9. ¿Ha detectado humedades en la vivienda?	Si (X) No ()	9.1 ¿En qué sitios de la vivienda? <i>En el baño auxiliar.</i>	
10. ¿Ha detectado infiltraciones de aire indeseado en la vivienda?	Si () No () A veces (X)	10.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? <i>Marco ventana cuando ventea duro.</i>	
11. ¿Considera que su vivienda acumula malos olores o gases?	Mucho () Poco (X) Nada ()	11.1 ¿En qué sitios de la vivienda y en qué horas del día? <i>En la cocina y el baño auxiliar.</i>	
12. ¿A nivel de temperatura, su vivienda es?	Muy Fria () Fria () Cálida (X) Muy cálida ()	12.1 ¿Por qué causa? <i>Le llega el sol de la tarde.</i>	
13. ¿A nivel general, la ventilación de su vivienda es?	Muy ventilada () Ventilada (X) Poco ventilada () Sin ventilación ()	13.1 ¿Por qué causa? <i>Los espacios tienen ventanas, con ventilación directa.</i>	
14. ¿Considera que al usar la sala esta es?:	Muy ventilada () Ventilada (X) Poco ventilada () Sin ventilación ()	14.1 ¿Por qué causa? <i>Se ventila por medio de la ventana de este espacio.</i>	
15. ¿Considera que al usar el comedor este es?:	Muy ventilado () Ventilado (X) Poco ventilado () Sin ventilación ()	15.1 ¿Por qué causa? <i>Se ventila por medio de la ventana y puerta principal.</i>	
16. ¿Considera que al usar la cocina esta es?:	Muy ventilada () Ventilada () Poco ventilada () Sin ventilación (X)	16.1 ¿Por qué causa? <i>El patio de ropas cambio de uso y se sello con bloque de vidrio en el techo.</i>	
17. ¿Considera que al usar baño principal este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado (X) Sin ventilación ()	17.1 ¿Por qué causa? <i>Tiene una claraboya pero solo es de iluminación.</i>	

Fuente: Autor

18. ¿Considera que al usar baño auxiliar este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado () Sin ventilación (X)	18.1 ¿Por qué causa? No hay una ventana o vano de ventilación.										
19. ¿Considera que al usar las alcobas estas son?:	Muy ventiladas () Ventiladas (X) Poco ventiladas () Sin ventilación ()	19.1 ¿Por qué causa? Tiene ventanas con ventilación directa.										
20. ¿Considera que al usar el patio de ropa este es?:	Muy ventilado () Ventilado () Poco ventilado (X) Sin ventilación ()	20.1 ¿Por qué causa? Esta cubierto totalmente por vidrio.										
21. ¿El patio de ropas es cerrado con cubierta o similar? <i>Segundo piso</i> Sin cubierta _____ Parcialmente _____ Totalmente <u>X</u>	21.1 ¿Qué material usa para el cerramiento o cubierta? Vidrio (X) Policarbonato () Teja fibrocemento () Teja translúcida ()	21.2 Medidas del aislamiento posterior (Patio de ropas) Ancho _____ Largo _____ Alto _____										
22. ¿Alguien del grupo familiar ha presentado problemas de salud por enfermedades respiratorias, causados por la calidad del aire o mala ventilación de la vivienda? Si () No (X)	22.1 ¿Cuál?, explicar. N.A											
23. ¿Cómo califica el confort y ventilación de su vivienda? De 1 a 5, siendo 1 muy malo y 5 muy bueno. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </table>			1	2	3	4	5				X	
1	2	3	4	5								
			X									
24. ¿Qué aspecto constructivo le cambiaría a su vivienda y por qué? <i>Las remodelaciones ya se realizaron.</i>												
25. Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> - El patio de ropas se ubica en el segundo piso. - La cocina no tiene una ventilación directa, esta sellada donde el espacio que era el patio. - No existe garaje. 												

Fuente: Elaboración propia basado en documento (Ramos. 2012).

Fuente: Autor

I. Anexo: Glosario

Aire de circulante: aire de enfriamiento, calefacción o ventilación, distribuido en los espacios habitables de una edificación.

Aire de combustión: aire necesario para llevar a cabo la combustión completa del gas en el quemador de un artefacto. La combustión completa del gas, solo es posible en presencia de un suministro adecuado de oxígeno.

Aire de dilución: aire que entra al cortatiros o regulador de tiro de un artefacto, mezclándose con los productos de la combustión del gas, o cantidad de aire necesaria para diluir hasta niveles seguros las concentraciones de productos de combustión.

Aire de escape: aire que sale por un escape y se descarga fuera del edificio mediante sistemas de ventilación mecánicos o naturales

Aire del medio ambiente: el aire que rodea un objeto

Aire de renovación: aire necesario para renovar o reponer el aire consumido por la combustión del gas de un artefacto instalado en un recinto interior.

Aire de suministro: aire suministrado a un espacio, por ventilación mecánica o natural, formado por una combinación de aire exterior, aire recirculado y aire transferido

Aire de ventilación: la porción de suministro de aire que es aire exterior además de cualquier aire recirculado, el cual ha sido tratado con el fin de mantener una calidad aceptable de aire interior.

Aire exterior: aire del ambiente que entra a un edificio a través de un sistema de ventilación, mediante aperturas intencionales para ventilación natural o por infiltración.

Aire transferido: aire que pasa de un espacio interior a otro.

Calidad aceptable del aire interior: aire en el cual no hay contaminantes conocidos en concentraciones perjudiciales, según lo determinen las autoridades competentes, con el cual una mayoría considerable de las personas expuestas (80 % o más) no expresa su inconformidad.

Contaminante: un constituyente indeseado del aire, el cual puede reducir su aceptabilidad.

Condensación: es la acción y efecto de condensar.

Condensar: es convertir un vapor en líquido

Espacio neto ocupable: el área de un piso ocupable definido por las superficies interiores de sus paredes, pero excluyendo los conductos, columnas, alacenas y otras áreas cerradas, permanentemente inaccesibles y que no se pueden ocupar. La obstrucción del espacio como muebles, mostradores o anaqueles y otras obstrucciones, bien sea temporales o permanentes no se deben restar del área del espacio.

Espacio ocupable: un espacio cerrado destinado a actividades humanas, excluyendo los espacios destinados primordialmente para otros fines como bodegas y salones de equipos, ocupados únicamente ocasionalmente y durante periodos muy cortos.

Exfiltración: fugas de aire hacia afuera por ranuras e intersticios y por el techo, pisos y paredes de un espacio o edificio.

Gas Tóxico: Aquel constituido por elementos nocivos para la salud, como el monóxido de carbono, generados por la combustión incompleta del gas.

Infiltración de aire: fuga de aire hacia adentro por ranuras e intersticios y a través del techo, pisos y paredes de un espacio o edificio, causados por las mismas diferencias de presión que ocasiona la exfiltración.

Microorganismos: un organismo microscópico, especialmente una bacteria, hongo o protozoario.

Olor: una calidad de gases, líquidos o partículas que estimulan el órgano olfativo.

Recinto interior: Espacio comprendido dentro de la distribución de un edificio, cuyas características constructivas le impiden el contacto directo con la atmosfera exterior mediante cualquier tipo de separación arquitectónica temporal o permanente, tales como divisiones, paredes, puertas, ventanas, etc.

Ventilación: el proceso de suministrar o retirar aire de un espacio con el fin de controlar los niveles de contaminación del aire, la humedad o la temperatura dentro del espacio.

Ventilación natural: ventilación suministrada por efectos térmicos de viento o difusión a través de puertas, ventanas y otras aperturas intencionales del edificio.

Volumen del espacio: el volumen total que se puede ocupar en un espacio encerrado dentro del edificio, además de cualquier espacio permanentemente abierto hacia el espacio que se puede ocupar, como un techo y que se pasa como plenum de retorno del techo.

Bibliografía

- Acaire. (abril- junio, 2017). La calidad del aire interior es un derecho. *Revista Acaire*. Edición No. 66. pp. 38-41. Recuperado de <http://acaire.org/wp-content/uploads/2016/10/Revista-Acaire-Edicio%CC%81n-66-Versio%CC%81n-para-Web.pdf>
- Acaire. (abril- junio, 2017). La calidad del aire interior es un problema de salud pública. *Revista Acaire*. Edición No. 66. pp. 42-44. Recuperado de <http://acaire.org/wp-content/uploads/2016/10/Revista-Acaire-Edicio%CC%81n-66-Versio%CC%81n-para-Web.pdf>
- ASHRAE. (2007). *ANSI/ASHRAE. Estándar 62.1- 2007, Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior*. Atlanta, EEUU. Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de aire Inc. Recuperado de http://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0120ASHRAE-62.1-2007-sp-Ventil-p-CAAI.pdf
- BBC Mundo. (26 de noviembre de 2015). *5 plantas que la NASA recomienda para purificar el aire de tu casa*. BBC. Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/11/151126_plantas_aire_limpio_nasa_lp

Berenguer Subils, M^a. J. y Martí Sole, M^a. C. (). *NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire*. Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales. Recuperado de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_243.pdf

Chueca Goitia, Fernando. (1977). *Breve Historia del Urbanismo*. Madrid, España: Alianza Editorial S.A.

Colombit. (2006). *Normas Técnicas. Condensación*. No. 22. pp. 1- 12.

Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (10 de octubre de 2018). *Informes del estado de calidad del aire. Corpoboyacá*. Recuperado de <http://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/informes-del-estado-calidad-del-aire/>

Deffis Caso, Armando. (1987). *La casa ecológica autosuficiente para climas templado y frío*. México, D.F. Editorial Concepto. S.A.

De Soroa, José M^a y Pineda (1978). Calidad de la vivienda. *Informes de la Construcción*, volumen (31), No. 301, 39- 46. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2573/3466>.

Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo (2017). Código Técnico de la Edificación. *HS3 Calidad del Aire Interior*. (pp. 61-80). España. Recuperado de <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>

Eternit. (2012). *Confort térmico y condensación en las edificaciones*. Bogotá, D.C. Elementia

García Cavero, I., González Penella, V.J., Lladosa Dalmau, Z., Martínez Pablo, D. y Pont Pérez, L. (2009). *Calidad del ambiente interior*. Valencia, España: Graficas Pelufo. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0551273.pdf>

- Giraldo, W. y Herrera, C. A. (2017). Ventilación pasiva y confort térmico en vivienda de interés social en clima ecuatorial. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 77-101.
Recuperado de
<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/8030/9557>
- Guardino Solá, X. (2001). Calidad del aire interior. En Mager Stellman, J. (Ed.). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. (pp. 44.1- 44.33). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Recuperado de
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>.
- Guasch Farrás, J. (2001). Control ambiental en interiores. En Mager Stellman, J. (Ed.). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. (pp. 45.1- 45.26). Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Recuperado de
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/45.pdf>
- Hernández Pezzi, C. (2007). *Un Vitruvio Ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili. Recuperado de
https://docs.google.com/a/unal.edu.co/file/d/0B9TbRMIwJL3jdmNhWDhmX3JOVjA/edit?usp=drive_web&pli=
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación. Quinta edición*. México. D.F. Editorial Mc Graw Hill.
- IDEAM y UPME. (s.f). *Atlas de viento y energía eólica de Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética. Recuperado de
http://www.upme.gov.co/atlas_viento.htm
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2011). *NTC 3631. Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles*

para uso doméstico, comercial e industrial. Bogotá DC, Colombia. Editada ICONTEC. Recuperado de <https://sites.google.com/view/gasnaturalnormasymasnc/normas-tecnicas/ntc-3631>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2003). *NTC 5183. Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores*. Bogotá DC, Colombia. Editada ICONTEC. Recuperado de <https://edoc.site/ntc-5183-calidad-de-aireventilacionpdf-pdf-free.html>.

INURBE. (1995). *Instituto de Crédito Territorial ICT. Medio siglo de vivienda social en Colombia 1939 - 1989*. Recuperado de <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MD-0079/MD-0079.pdf>.

INURBE. (2002). *Guía para la viabilización de proyectos de vivienda de interés social*. Recuperado de https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/guia_2_Vivienda.doc

Maroto, P. (2016). El papel de los materiales de construcción en la calidad del aire interior. En Comunidad de Madrid. (Ed.). *Guía de calidad del aire interior*. (pp. 29-43). Madrid, España: Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Recuperado de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM015715.pdf>

Martínez, P., Sarmiento, P. y Urquieta W. (2005). *Evaluación de la humedad por condensación dentro de viviendas sociales*. *Revista Invi*. 20(55), 154-165. Recuperado de <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/323/887>

Meiss, A. y Feijó, J. (2011). Influencia de la ubicación de las aberturas en la eficiencia de la ventilación en viviendas. *Informes de la construcción*, 63(522), 53-60. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1239/1324>

Neufert, Ernest y Kiste, Jhohannes. (2013). *Neufert, Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.

Ramos Calonge, Helmut. (2012). *Metodología para diagnosticar la habitabilidad en la vivienda social, higrotermicidad, iluminación y acústica*. Bogotá D.C, Colombia: Ediciones Unisalle.

Resolución N° 90902 (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible*. Ministerio de Minas y Energía. Recuperado de <http://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/reglamentos%20tecnicos/Resolucion-9-0902-de-2013.pdf>

Strongman, Cathy. (2009). *La casa sostenible*. Barcelona, España: Editorial Océano.

Tarchópulos Sierra, Doris y Ceballos Ramos, Olga Lucia. (2003). *Calidad de la vivienda dirigida a los sectores de bajos ingresos en Bogotá*. Bogotá D.C, Colombia: Escala Ltda.

Vakazova, Lilia. (2014). *Recuperación de calor de aire de ventilación en clima frío*. Barcelona, España. Universidad Politécnica de Catalunya. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24068/LiliaVakazova_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wellpott, Erwin. (2009). *Las instalaciones en los edificios*. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili.

Yarke, E. (2011). *Ventilación natural de edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para la aplicación de ingenieros y arquitectos*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.